

CHALMERS



Säker arbetsplats - Bergtäkt

Problemstudie samt utveckling av en situations- och användaranpassad säkerhetsprodukt

Kandidatarbete i Teknisk design

HAMPUS BERGSTRAND, DANIEL HÖGLANDER, JONAS ISAKSSON, ADAM MICHA

Säker arbetsplats - Bergtäkt

Kandidatarbete i Teknisk design

HAMPUS BERGSTRAND, DANIEL HÖGLANDER, JONAS ISAKSSON, ADAM MICHA

HANDLEDARE: LARS OLA BLIGÅRD

EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG

Kandidatarbete PPUX03

Andra generationens automatbalanserade tvättmaskiner
Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© Hampus Bergstrand, Daniel Högländer, Jonas Isaksson & Adam Micha

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: Adam Micha
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling



Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Precisering av frågeställning	3
1.6 Rapportens disposition	3
2. Projektprocess	4
2.1 Planering och organisation	4
2.2 Problemstudie	4
2.3 Produktframtagning	5
2.4 Utvärdering och validering	5
3. Teoretisk referensram	6
3.1 Systemspecifik teori - Bergtäkt	6
3.1.1 Miljö och process	6
3.1.2 Transportör	7
3.1.3 Standarder och märkning.....	8
3.2 Produktutvecklingsteori	9
3.2.1 Produktutvecklingsprocess	9
3.2.2 Systemmodell.....	9
3.2.3 Användare	9
3.2.4 Ergonomi.....	10
3.2.5 Usability.....	10
3.2.6 Mått för tillförlitlighet	12
3.2.7 Hållbar utveckling.....	12
3.2.8 Produktsemiotik	12
3.2.9 Biomimicry.....	12
4. Metoder	14
4.1 Planering och organisation	14
4.1.1 GANTT-schema.....	14
4.1.2 Projektdagbok.....	14
4.2 Problemstudie	15
4.2.1 Förstudie	15
4.2.2 Intressentanalys	15
4.2.3 Litteraturstudie.....	15
4.2.4 Observationer	15
4.2.5 Intervju	16
4.2.6 KJ-analys.....	17
4.2.7 Riskanalys.....	18
4.2.8 Fokusgrupp	18
4.2.9 Urvalsmatris	19
4.2.10 Fiskbensdiagram.....	19
4.3 Produktframtagning	19
4.3.1 Konceptgenerering	19
4.3.2 Expression board och Expression association web.....	20
4.3.3 Pugh-matris	21

4.3.4 LCA.....	21
4.3.5 Visualisering-CAD	22
4.3.6 Utvärdering med fysisk modell	22
5. Genomförande - Problemstudie.....	23
5.1 Konkretisering av projektramar	23
5.2 Inledande studie.....	23
5.3 Problemidentifiering	23
6. Resultat och analys - Problemstudie	26
6.2 Systembild - Bergtäkt	26
6.2.1 Behov	26
6.2.2 Översiktlig systemöversikt med flödesanalys	26
6.2.3 Kontextbeskrivning.....	27
6.2.4 Brukarbeskrivning.....	29
6.3 Problemidentifiering - Bergtäkt	32
6.3.1 Översikt	32
6.3.2 Problemområdesbeskrivning	32
5.3.4 Riskanalys.....	38
6.3.4 Problemområdesval 1	39
6.4 Systembild - Transportör	42
6.4.1 Transportörens detaljerade uppbyggnad.....	42
6.4.2 Säkerhet.....	43
6.4.3 Dimensioner	43
6.5 Problemidentifiering, Transportör	44
6.5.1 Fallrisk	44
6.5.2 Skaderisk vid byte av komponenter	44
6.5.3 Fastna i rörliga delar	45
6.5.4 Orsaker till ingrepp	48
6.5.5 Befintliga lösningar	49
6.6 Val av problemområde.....	50
7. Genomförande - Produktframtagning	51
7.1 Konceptframtagning 1	51
7.2 Konceptframtagning 2	53
7.3 Konkretisering slutkoncept	53
8. Resultat och analys - Produktframtagning.....	54
8.1 Förutsättningar - konceptframtagning 1	54
8.1.1 Lösningssinriktning.....	54
8.1.2 Kravbild	55
8.1.3 Intressentanalys	57
8.1.4 Effektmål.....	57
8.2 Konceptframtagning 1	58
8.2.1 Idégenerering.....	58
8.2.2 Konceptbeskrivning	58
8.2.3 Konceptutvärdering.....	61
8.3 Förutsättningar - konceptframtagning 2	62
8.3.1 Dimensioner	62
8.3.2 Standarder.....	64
8.3.3 Krav	66
8.3.4 Önskade funktioner och egenskaper	67
8.3.5 Design och utformning.....	67
8.4 Konceptframtagning 2	70
8.4.1 Grundprincip	70

8.4.2 Lösningsgenerering, önskade funktioner	70
8.4.3 Lösningsgenerering: Önskade egenskaper	72
8.4.4 Val av slutkoncept.....	74
8.5 Slutkoncept - SnapGuard	75
8.5.1 Huvudprincip	75
8.5.2 Delkomponenter.....	75
8.5.3 Material och tillverkning.....	79
8.5.4 Övriga designaspekter	80
9 Genomförande - Utvärdering och validering.....	81
9.1 Fysisk utvärdering.....	81
9.2 Teoretisk utvärdering	81
10. Resultat och analys - Utvärdering och validering	83
10.1 Praktisk/fysisk utvärdering	83
10.1.1 Modellens utformning	83
10.1.2 Vikt och storlek för hantering	83
10.1.3 Genomsynlighet.....	84
10.1.4 Demontering vid reparation och service.....	84
10.1.5 Konstruktionens stabilitet.....	84
10.1.6 Initial montering	84
10.1.7 Anpassningsbarhet	84
10.1.8 Övriga iakttagande	85
10.2 Teoretisk utvärdering.....	85
10.2.1 Effektmål	85
10.2.2 Krav	85
10.2.3 Konflikterande krav.....	86
10.2.4 Ergonomi.....	87
10.2.5 Usability	87
10.2.6 Hållbarhetsanalys.....	87
10.2.7 Ekonomi/prisuppskattning.....	87
10.2.8 Uttryck.....	88
10.3 Förutsättningar	89
10.3.1 Implementering.....	89
10.4 Optimering.....	91
11. Diskussion – Projektprocessen.....	92
11.1 Datainsamling och analys	92
11.1.1 Fackspråk.....	92
11.1.2 Intervjuformulär	92
11.1.3 Urval, respondenter.....	92
11.1.4 Observationsmetodik.....	92
11.1.5 Statistiskt underlag.....	93
11.1.6 Riskanalys	93
11.1.7 Fysisk utvärderingsstudie	94
11.2 Övergripande process.....	94
11.2.1 Öppen ingång - brist på djup?	94
11.2.2 Urvalskriterier	94
11.2.3 Avgränsningarnas påverkan på resultatet	95
11.2.4 Planering och organisation	95
11.3 Syfte och mål	95
12. Slutsats.....	97
13. Nästa steg	98

Referenslista	99
Bilagor	100

Sammanfattning

Risksituationen är påtaglig på svenska bergtäkter, varje år skadas ett stort antal operatörer under arbete. Med detta som bakgrund har Sveriges bergmaterialindustri(SBMI) utfärdat ett projekt med syfte att förbättra säkerhetssituationen för tåktens operatörer. Den öppna frågeställningen *“förbättra säkerheten för operatörer på krossarbetsplatsen”* har medfört ett tvådelat arbetsupplägg, med en bred och omfattande problemstudie som utgör projektets första halva. Problemstudien resulterar i en specifik problembild med tillhörande behov och krav, vilka utgör ramar för den andra halvan av projektet som består av en brukar- och kontextcentrerad produktframtagningsprocess.

Under problemstudien identifieras, bland många potentiella problemområden, problematiken kring trafik, damm, fallrisk och transportörer som särskilt påtagliga, tillika lämpliga för produktutveckling. Det specifika problemområdet transportörer, med fokus på den roterande vändtrumman, väljs för produktframtagningsarbetet.

Slutkonceptet, SnapGuard, som produktframtagningsprocessen resulterar i utgörs av ett fysiskt maskinskydd i fyra delar, som omöjliggör direkt åtkomst till vändtrumma i rörelse. För att möjliggöra service och reparation så kan skyddet avlägsnas, helt eller delvis. När maskinskyddet låses upp så bryts strömmen till maskinen och säkert ingrepp kan utföras. Att skyddets delar kan separeras underlättar avlägsnandet av skyddet och minskar den fysiska belastningen för operatören. Stabilitet i konstruktionen åstadkoms genom att delkomponenterna låses vinkelrätt mot varandra. Skyddet utformas i perforerad och förstärkningsbockad aluminium som, förutom att klara de kontextuella krav som definierats, tillåter anpassning till de varierande omständigheter som råder kring studerade transportörer. Skyddspanelerna som utgör skyddet tillåter, genom perforeringen, även genomsynlighet för bedömning av transportörens status vid drift. Kraven på hög genomsynlighet och låg vikt motsäger kravet för en stabil konstruktion. Konstruktionens stabilitet viktas högre, vilket resulterar i ett materialval med något lägre genomsynlighet.

Slutkonceptet SnapGuard visas efter utvärdering till hög grad uppfylla definierad mål- och kravbild. För att optimera slutkonceptet krävs dock en djupgående analys, där utförliga hållfasthetsberäkningar kompletteras med tester av en fungerande prototyp under faktiska förhållanden, med faktiska brukare under en längre tidsperiod.

Abstract

Operators in Swedish quarries face serious hazards at work. Every year, many operators are injured in their workplace. The Non-governmental organization, *Swedish Aggregates Producers Association*, issued a project with the aim to improve the safety for the operators at the quarries. The wide formulation: *"Improve the safety for operators working in the quarry"*, has meant that a two-sided approach was necessary, with a thorough study of the problems as an initial step. The result of the study is a specific problem formulation with set needs and requirements, which is the foundation for the second part of the project; a user and context centered product development process.

The study identifies, among many potentially hazardous situations, the problems surrounding the traffic, dust, risk of falling and conveyor belts as particularly dangerous. Narrowing it down further, the rotating return-pulley of the conveyor belt became the focus for the product development process.

The final concept and outcome of the project, SnapGuard, is a physical machine-guard, henceforth named "guard", constructed in four parts, which makes access to the return-pulley while it is rotating impossible. To accommodate for maintenance and repairs, the guard can be partially or fully removed. When the guard is unlocked it automatically cuts the power to the conveyor and allows safe interaction. Having the guard constructed in smaller parts facilitates easy removal, as it is less cumbersome and individual parts are lighter, which improves the physical ergonomics of the product. Structural stability is achieved by the parts interlocking perpendicular to each other. The guard is constructed from perforated sheet aluminum which is then stiffened by pressing vertical v-shaped profiles into the sheets. Since the sheet aluminum is perforated, the status of the conveyor can be assessed visually through the guard while running. Demands for transparency, light weight and stability are somewhat contradictory. Stability is prioritized, which guides the choice of material and result in a higher density perforation with lower transparency. The guard is constructed to cope with the demanding situation in the quarries and can easily be adapted to work with many different conveyor systems.

Evaluation of SnapGuard show good compliance with the previously defined aim and requirements. Optimization of the final concept requires a more thorough analysis, with extensive tests and abrasion resistance calculations carried out with a fully functioning prototype, in the real working environment, for an extended period of time and with the operators of the quarries.

Förord

Kandidatarbetet 2014 för institutionen Produkt- och Produktionsutveckling, Chalmers Tekniska Högskola är under våren 2014 utfört av fyra studerande på civilingenjörsutbildningen Teknisk Design. Sveriges bergmaterialindustri(SBMI), har utfärdat projektet med en ambition om att projektgruppen, genom att studera täktmiljön och identifiera en problembild, skall kunna generera en konceptuell lösning som på ett eller annat sätt förbättrar den befintliga säkerhetssituationen för operatörerna vid SBMI:s medlemstäkter.

Sett från utbildningens perspektiv är kandidatarbetets syfte framför allt att utveckla studenternas förmåga att tillämpa en från utbildningen rekommenderad produktutvecklingsprocess, med avseende på en medveten och väl underbyggd beslutsgång, tillsammans med att relevant metodik tillämpas och anpassas efter det specifika projektet om tillbörligt.

Projektgruppen vill rikta ett stort tack till all personal på besökta täkter och i synnerhet operatörer som ställt sin tid till förfogande och svarat på frågor, deltagit vid intervjuer och även de personer som deltog vid den fokusgrupp som arrangerades. Särskilt tack riktas till kontaktperson Pär Johnning(NCC), Joakim Käpynen(Skanska), och Björn Strokirk(SBMI) för att man med öppna armar tagit emot projektgruppen och genom sitt engagemang skapat fina förutsättningar för projektets arbetsplatsstudie. Stort tack riktas även till industrimentor Alexandra Rånge, examinator Örjan Söderberg samt *IDE-mentorgruppen* för deras hjälp och stöd under projektprocessen. Ett extra stort tack vill projektgruppen rikta till handledare Lars-Ola Bligård som i tid och otid erbjudit konsultation av yttersta kvalité.

Terminologi

Nedan presenteras begrepp som är ytterst relevanta för förståelsen av rapportens innehåll. Även personer med ingående kunskap inom området rekommenderas studera avsnittet, eftersom vissa begrepp varierar definitionsmässigt mellan olika arbetsplatser.

Operatör – Enligt ISO-definition: ”...den eller de personer som installerar, använder, ställer in, underhåller, rengör, reparerar eller förflyttar en maskin”. Den breda definitionen innebär att begreppet operatör även innefattar vad somliga täkter benämner tekniker, reparatör, servicetekniker, maskinoperatör och så vidare.

Bergtäkt – Den avskilda miljö där berget bryts(sprängs) och bearbetas till ändamålsspecifika fraktioner.

Transportör – Kraftigt transportband, kan även benämnas bandtransportör.

PPU – Produkt och produktionsutveckling, en institution på Chalmers tekniska högskola som bland andra inhyser en forskningsgrupp som varit behjälplig genom sitt nära samarbete med bergmaterialindustrin.

SBMI – Sveriges bergmaterialindustri, en branschorganisation som företräder medlemstäckernas intressen, främst med avseende på utveckling kring säkerhet, produktionseffektivitet och miljö.

Silikos/stendammlunga- Lungsjukdom orsakad av inandning av kiseldioxid, typiskt kvartsdamm.

1. Inledning

Under rapportens inledning beskrivs projektets bakgrund och grundläggande förutsättningar.

1.1 Bakgrund

Bergmaterial utgör med de 90 miljoner ton material som levereras årligen Sveriges vikt mässigt främsta produkt. Viktiga tillämpningar för materialet är som bärlager och i dräneringsskikt samt som råvara vid betong- och asfaltsframställning, det vill säga vid uppförande av i princip alla byggnader och all infrastruktur som omger oss idag. Bergmaterialindustrin med dess produkter utgör bokstavligen talat fundamentet för den moderna samhällsstrukturen.

Sveriges geologiska förutsättningar är generellt mycket goda för utvinning av bergkrossmaterial; en råvara som dessutom i princip är oändlig. De goda förutsättningarna har lett till att branschen omsätter cirka 6 miljarder kronor per år och sysselsätter 3000 personer vid krossanläggningarna samt ytterligare cirka 3000 personer för transport av materialet. (SBMI, 2014)

Bergmaterialindustrin kommer att vara en viktig del även i framtida samhällsutveckling. Efterfrågan kommer med största sannolikhet att bestå, samtidigt som de sinande natursandkällorna måste ersättas för att undvika risken för förändrade grundvattenförhållanden. Problemet kommer sannolikt att lösas genom en övergång till ett finkornigt, avrundat krossmaterial med liknande egenskaper som natursand. (SGU, 2014)

Projektet är utfärdat av SBMI, Sveriges bergmaterialindustri, som är en övergripande branschorganisation med syfte att utveckla branschen med avseende på miljö, produktionseffektivitet och i synnerhet personalsäkerhet.

Säkerhetsarbetet har länge varit eftersatt inom bergmaterialindustrin, men på senare år har krafttag inriktats mot att reducera olycksfallen. Dessa insatser utgörs primärt av säkerhetsföreskrifter och förhållningssätt, men även till viss del av tekniska säkerhetsprodukter.

Enligt arbetsmiljöverkets statistik över de senaste fem åren, skadas varje år i snitt 10 personer såpass allvarligt att det medför sjukfrånvaro längre än 14 dagar. Ungefär 20 personer varje år är borta mellan 1-14 dagar. Lyckligtvis är antalet förolyckade personer lågt i förhållande till antalet anställda och jämfört med många andra, liknande branscher. (Arbetsmiljöverket, 2014)

Personalen på bergtäckerna i Sverige förtjänar en arbetsmiljö med en utbredd säkerhetsmedvetenhet och ett målmedvetet riskreducerande arbete, med syftet att i förlängningen tillhandahålla bästa möjliga förutsättningar för en arbetsplats fri från allvarliga tillbud och olycksfall.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att belysa vilka säkerhetsproblem och risker som idag finns kring operatörer i en bergtäkt, samt att konkret påvisa hur säkerhetssituationen kan förbättras med hjälp av en produktlösning.

1.3 Mål

Projektet består av två huvuddelar med följande mål:

Problemstudie - Målet med problemstudien är att ta fram en tydlig problembild av bergtäckten grundad i en brukarorienterad behov- och kravanalys med operatören i fokus. Problembilden skall skriftligt dokumenteras och presenteras i en teknisk rapport.

Produktframtagning - Målet med produktframtagningen är att ta fram förslag på förbättring inom en viss del av problembilden som sedan resulterar i en teknisk lösning anpassad för operatören. Lösningförslaget presenteras med hjälp av skisser, renderingar och underlag visst för konstruktion.

1.4 Avgränsningar

För att säkerställa en realiserbar och för alla berörda parter tillfredställande nivå för projektet definierades följande avgränsningar:

- Datainsamlingen genom intervjuer och observationer begränsas geografisk till SBMI:s medlemstäckter i Västra Götalandsregionen.
- Ett slutkoncept skall bestå av en faktisk produkt. Föreskrifter eller organisatoriska förbättringar ryms inte inom ramarna för projektet.

1.5 Precisering av frågeställning

Projektramarna definieras genom en utförlig frågeställning enligt följande:

Problemstudie

- Inom vilket riskområde finns det bäst förutsättningar för ett produktutvecklingsprojekt, primärt med avseende på säkerhetsrelaterad förbättringspotential?
- Vilka risker finns inom det identifierade området och vad orsakar dessa?

Produktframtagning

- Vilka egenskaper måste en produktlösning ha och vilka krav kan således formuleras för att en säkerhetsprodukt skall uppfylla definierat mål och fungera i den faktiska kontexten, tillsammans med den faktiska brukaren?

1.6 Rapportens disposition

Projektprocessen(kapitel 2) lyfts fram i den inledande delen, detta kapitel syftar till att översiktligt beskriva projektet i sin helhet. Därefter presenteras teori och metodik (kapitel 3 resp. kapitel 4) som är relevant för projektets process samt för förståelsen av innehållet i rapporten.

Genomförandet för de olika delprocesserna presenteras före respektive resultatdel. Första delen av rapportens resultat utgörs av en problemstudie(kapitel 6), där tänkbara riskområden presenteras och analyseras. Problemstudien ligger till grund för val av ett problemområde med betydande förbättringspotential, samt som är lämpligt för utveckling av en riskreducerande säkerhetsprodukt.

I resultatets andra del presenteras utfallet av produktframtagningprocessen(kapitel 8) genom resultatet av två konceptutvecklingssteg och slutligen presentation av ett slutkoncept(kapitel 9). Som komplement till resultatet presenteras även den analys och de resonemang som avgjort konceptets slutgiltiga konstruktion, utformning och anpassning.

Efter att slutkonceptet presenterats i sin helhet redogörs för fysisk och teoretisk utvärdering(kapitel 11), vilka ligger till grund för de resonemang som sedan introduceras angående den fortsatta produktutvecklingen.

2. Projektprocess

Denna del av rapporten ämnar beskriva den övergripande projektprocessen, med dess olika delprocesser, presenterade i kronologisk ordning. Flera moment så som datainsamling, planering, analys och dokumentering fortgår kontinuerligt under processen, men kommer bara redogöras för när dessa processer har haft särskilt inflytande över projektets fortskridande.

Det breda syftet med projektet föranleder uppdelning av resultatet i två huvuddelar. En problemstudie med fokus att bena ut risksituationen på tåkten, samt skapa förutsättningar för den andra delprocessen, som är en riktad produktframtagning. Översiktlig beskrivning av projektprocessen i sin helhet presenteras i figur 1, till höger.

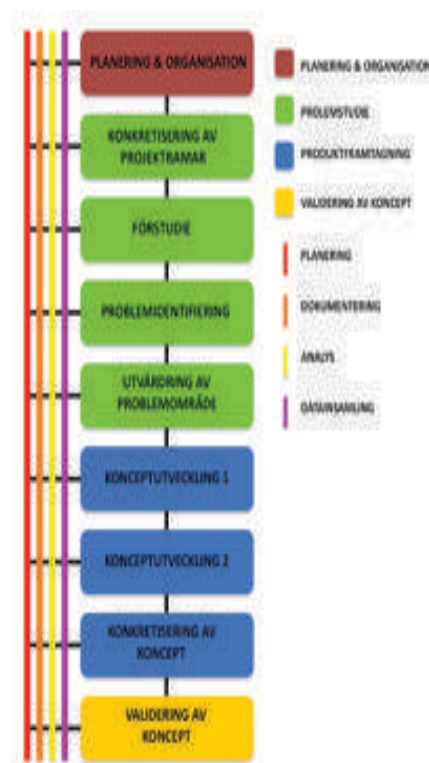
2.1 Planering och organisation

Projektet inleds med att en övergripande planering arbetas fram. Ett GANNT-schema(bilaga 1) tas fram, för att ge en överskådlig bild av processen. En gemensam, interaktiv projektdagbok med personlig tidslogg, som fylls i kontinuerligt under projektets gång skapas. Projektdagbokens huvudsakliga syfte är att möjliggöra uppföljning av arbetsgång och resonemang som förs. Metoder för projektdagbok och GANNT-schema presenteras under metoder(kapitel 4).

Efter formulerad planering identifieras ett antal organisatoriska ansvarsområden: Kontakt med uppdragsgivare och kontaktperson, dokumentation och övergripande rapportansvar, datamodellering och visualisering samt planering. Identifierade ansvarsområden delas upp inbördes. Anledningen till dessa organisatoriska åtgärder är främst att strukturera arbetet och säkerställa att olika moment utförs med rätt avvägd prestationsnivå och vid rätt tidpunkt. Tilldelat ansvarsområde innebär endast att personen i fråga har det yttersta ansvaret för samordning inom området; specifika uppgifter delegeras sedan efter behov.

2.2 Problemstudie

Problemstudien(kapitel 5 och 6) inleds med att projektbeskrivning och ramar för projektet konkretiseras efter dialog med uppdragsgivare(SBMI). Därefter inleds förstudien, vilken syftar till att definiera det undersöka systemet med avseende på uppgifter, brukare och kontext. För att sedan fokuseras mot att undersöka och utreda orsakerna till potentiella problemområden. Allt eftersom studien progressivt



Figur 1: Projektprocess översikt

sjunker i abstraktionsnivå växer en bild fram med brukarförhållande, grundläggande användarbehov samt detaljerade maskinbeskrivningar. Brukarbehov och kontextuella krav kan formuleras under denna process. Systemdefinitionen grundar sig på den information som erhålls genom observationer, intervjuer samt genom litteraturstudier. Problemstudien är en trättformad process med en bred ingång och en ständigt avsmalnande problembild. Problembilden sjunker i abstraktionsnivå tills dess att ett distinkt problemområde identifierats för vilket ytterligare fördjupande studier kan genomföras, med syfte att under följande produktframtagning kunna formulera en adekvat problembild. Med detta som bakgrund kan projektet övergå i en produktframtagningsprocess.

2.3 Produktframtagning

Efter val av problemområde samt med den kravbild som definieras utifrån systembeskrivningarna inleds produktframtagningsfasen(kapitel 7 och 8). Detta är en itererande process där idégenerering leder fram till lösningsförslag som i sin tur analyseras, utvärderas och vidareutvecklas i flera steg, vilket resulterar i ett slutkoncept.

2.4 Utvärdering och validering

För att säkerställa slutkonceptetets prestanda genomfördes omfattande utvärderingsstudier(kapitel 9 och 10). En fysisk modell slutkonceptet tas fram och utvärderas empiriskt i den faktiskt miljön. Produkten utvärderas även teoretiskt med hjälp av en CAD-modell. Resultatet av utvärderingen ligger till grund för förslag på ytterligare optimeringar samt en rekommenderad fortsatt produktutvecklingsprocess.

3. Teoretisk referensram

I följande kapitel redogörs, för förståelsen av rapportens innehåll, relevanta begrepp kring produktutvecklingsprocessen samt det specifika studerade systemet, bergtäkten. Kapitlet kan läsas i sin helhet, alternativt användas som uppslagsverk om eventuella oklarheter uppstår.

3.1 Systemspecifik teori - Bergtäkt

Under kapitlet beskrivs den för bergtäkten specifika teori som utomstående behöver tillgodogöra sig för att erhålla tillräcklig områdesspecifik kunskap för att förstå rapportens innehåll.

3.1.1 Miljö och process

Alla undersökta problemområden har varit underordnade den övergripande miljö som benämns bergtäkt. I bergtäkten utvinns och framställs material som används exempelvis som bärlager, dräneringsskikt eller som andra byggmaterial. Bergtäkten är även den plats där merparten av det material som ingår vid asfalts och betongframställning utvinns och raffineras (Bild 1).



Bild 1: Översiktsbild av bergtäkt

Brytningen av bergmaterial sker i dagbrott genom att berget sprängs till grova fraktioner med sprängämnen. När stenen är sprängd till så kallade skut, stora stenblock, knäckas de till mindre storlekar av en skutknäckare. Skutknäckaren är typiskt en grävmaskin med en hydraulisk hammare som spräcker blocken till hanterbara dimensioner. Dessa stenar matas sedan in i en förkross som ytterligare minskar storleken på stenarna.

Det material som lämnar förkrossen är normalt bergmaterial i så kallat "0/150-material", alltså i dimensioner mellan 0 mm till 150 mm. Förkrossen kan vara

antingen stationär eller mobil (Bild 2). Mobila förkrossar kan förflyttas längs sprängsalvan. Det förkrossade materialet transporteras sedan vidare för ytterligare bearbetning och sortering efter storlek. Krossat material transporteras mellan de olika kross- och siktanläggningarna med så kallade transportörer, kraftiga transportband. Olika fraktioner för olika ändamål separeras och lagras i stora högar eller i silos innan de, generellt med lastbil men ibland även med tåg, transporteras till slutkund.



Bild 2: Mobil kross(Vänster) och stationär kross(Höger)

Miljön är mycket krävande för både personal och maskiner. Personalen måste hantera tung utrustning, tung trafik, damm, vibrationer, hög ljudnivå och tungt arbete kring farliga maskiner. Maskinerna i tåkten är dimensionerade efter den krävande miljön, med väl tilltagna dimensioner och slitstarka och lättreparerade material, oftast stålbalkar och stålplåt.

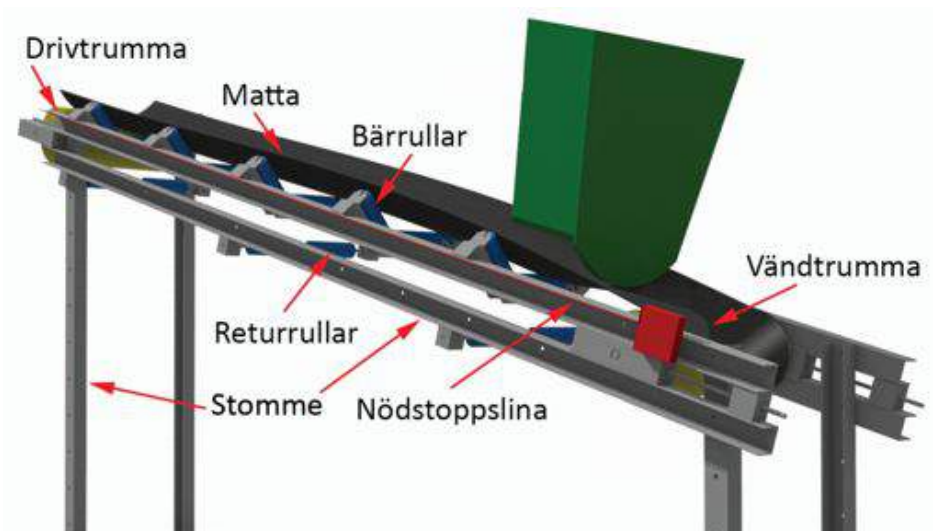
Bergmaterial är en produkt med låg avkastning eftersom det i förhållande till sin vikt är mycket billigt. På grund av detta, i kombination med förhållandevis höga kostnader för transport, måste bergmaterial produceras nära användningsområdet inom en så kallad ekonomisk zon. Detta medför att bergtäkter i många fall kan befinna sig i direkt närhet till bebyggelse.

3.1.2 Transportör

Transportören är en av krossarbetsplatsens viktigaste maskiner. Dess uppgift är att transportera material från en plats till en annan. Transportören bygger generellt på en enkel teknisk princip; en gummimatta som är spänd mellan två trummor, en i var ände, som roterar, varav den ena är drivande (Figur 2).

Trummorna för bandet i rotationens riktning och transporterar då material som ligger på gummimattans ovansida. Längs hela transportören samt runt de båda trummorna finns ett fackverk av balkar som bär upp konstruktionen. Längs transportören löper generellt en *nödstoppslina* som bryter strömmen till maskinen

om linan sträcks eller slakar. Längs transportören, på en eller båda sidor sträcker sig vanligtvis landgångar, från vilka besiktning och servicearbeten kan utföras.



Figur 2: Översiktlig beskrivning av transportör

3.1.3 Standarder och märkning

1 juli 2013 infördes obligatorisk CE-märkning av bergmaterialprodukter, vilket innebär att en stor del av levererade bergmaterialprodukter, vid framställning, måste uppfylla vissa definierade krav för att få säljas inom EU.

För maskiner och maskinrelaterade produkter, som behandlas i detta projekt, finns ett eget direktiv som måste uppfyllas för att kunna CE-märka en produkt inom området. Direktivet består inte av detaljerade krav utan av en allmän beskrivning av riktlinjer som måste följas. De olika områdena som behandlas i direktivet kompletteras dock av en lista med Europeiska standarder där de detaljerade kraven återfinns. För en bergtäkt med otaliga maskiner sker CE-märkningen på plats då hela systemet är att betrakta som en enda maskin.

De europeiska standarderna som använts i detta projekt har utfärdats av CEN(European Committee for Standardization), men har även utgivits av dess svenska medlemsorganisation SIS (Swedish standards institute). (Europeiska kommissionen, 2014)

3.2 Produktutvecklingsteori

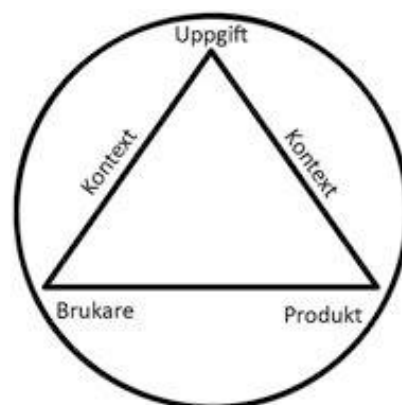
Produktutvecklingsprocessen innefattar ett stort antal begrepp, vilka tas upp och förklaras i följande avsnitt.

3.2.1 Produktutvecklingsprocess

Produktutvecklingsprocessen för ett designprojekt är en iterativ process inriktad på att lösa problem med hjälp av en produkt. Första steget i processen innebär en problemformulering som, med grund i ingående brukarstudier, beskriver problemet i form av behov, krav och önskemål från brukaren. Detta problemet klassificeras som divergent med många tänkbara lösningsalternativ. Efter en initial konceptframtagning utvärderas lösningsförslagen och ligger till grund i ytterligare iterationer av konceptframtagning. Sista steget i processen är att välja ut en slutgiltig lösning och utföra denna. (Johannesson et al. 2004)

3.2.2 Systemmodell

För att få en tydlig, förenklad bild av ett komplext system i en produktutvecklingsprocess definieras ofta de ingående delarna i systemet med hjälp av en systemmodell (Figur 3). Systemmodellen syftar till att hjälpa utvecklaren att förstå vilka delar som samverkar i systemet, samt att avgränsa systemet för att få en entydig bild av de faktorer som är påverkbara. Användningen i en systemmodell definieras som handlingen en specifik brukare utför med hjälp av en specifik produkt för att uppnå ett specifikt mål i en specifik kontext. De fyra systemdelarna påverkar alla användningen och måste förstås och tas hänsyn till vid en produktutvecklingsprocess. (Bligård, 2011)



Figur 3: Systemmodell

3.2.3 Användare

För att få en mer rättvis bild av den specifika användaren i en systemmodell kan man dela upp användaren i *primäranvändare*, *sekundäranvändare* och *sidanvändare*. Primäranvändaren är en person som använder produkten enligt produktens syfte medan sekundäranvändaren interagerar med produkten utan att bruka den för dess syfte, detta kan till exempel vara reparatörer eller försäljare. Sidanvändare är användare som påverkas av produkten utan att direkt interagera med den, det kan till exempel vara personer som verkar i produktens närhet. Medanvändare är användare som arbetar eller samarbetar med en primäranvändare utan att själv direkt använda produkten. (Bohgard et. al. 2010)

3.2.4 Ergonomi

Ergonomi syftar till att optimera användarens välmående och prestation vid interaktionen med en produkt eller ett system och kan delas upp i tre kategorier: kognitiv, fysikalisk och belastningsergonomi. I projektet har störst fokus legat på belastningsergonomin som innefattar anpassning av produkter efter användarens fysiska förutsättningar, detta för att undvika skador och underlätta användning. Både passiv belastningen från externa krafter så väl som aktiv belastning vid kraftansträngningar har stor inverkan på användningen av produkten samt brukarens välmående.

Ett steg i att anpassa en produkt efter brukarens fysiska förutsättning är att ta hänsyn till brukargruppens antropometri. Inom antropometri beaktas brukarens kroppsstorlek, det vill säga proportioner, rörelseutrymme, räckvidder, kroppsställningar och liknande. För att anpassa en produkt efter en viss målgrupp används uppmätta mått från en normalpopulation. Anpassningen kan ske efter en populations 5:e, 50:e eller 95:e percentil som representerar måttstorleken för populationens 5 % minsta användare, medianen samt de 5 % största invånarna.(Bohgard et. al. 2010)

Genom att förstå den mänskliga perceptionen och dess begränsningar kan en tillfredställande nivå av kognitiv ergonomi uppnås. Det är framför allt aspekterna kring mänsklig felinteraktion tillsammans med design för god *usability*, som presenteras i nästa kapitel, som är relevant för projektet.

3.2.5 Usability

Usability är ett begrepp såväl som ett mått för hur väl en produkt uppfyller en användares olika behov. Definitionen av *usability* enligt ISO-standard lyder: "... *the extent to which a product can be used with effectiveness, efficiency and satisfaction by specific users to achieve specific goals in a specific environment.*"

Effectiveness betyder i detta fall ändamålsenlighet, och syftar till hur väl ett mål eller en uppgift, med noggrannhet och fullständighet, kan uppnås med hjälp av produkten. *Efficiency* syftar på effektiviteten, alltså vilken ansträngning som krävs för att uppnå målet. Med detta menas den resursåtgång som krävs kontra den noggrannhet och fullständighet som uppnås. *Satisfaction* syftar på den upplevda tillfredställelsen som användaren känner när produkten används. Detta är en mer subjektiv bedömningspunkt för att utvärdera den upplevda användningen och hur väl produkten accepteras av brukaren.

För att vidare kunna utvärdera en produkts *usability* med avseende på olika användare används begreppen *guessability*, *learnability* och *experienced user performance*. *Guessability* avser hur väl en förstagsångs-användare kan förstå sig på

och använda produkten. *Learnability* är ett mått på hur väl produkten kan användas av en person som använt produkten någon enstaka gång innan. För att även möta vana användares krav och önskemål används *experienced user performance* genom att avgöra hur väl användningen fungerar för en expertanvändare.

För att ta fram en produkt med hög *usability* kan Jordans 10 riktlinjer för användbar design användas. De riktlinjer som håller mest relevant i projektet är *consistency*, *compatibility* och *explicitness*. Dessa redovisas i kort form nedan tillsammans med resterande riktlinjer: (Rexfelt, 2013)

- *Consistency* (inre konsekvens) – att utforma en produkt så att liknande uppgifter löses på liknande sätt inom produkten.
- *Compatibility* (yttre konsekvens) – att utforma en produkt så att uppgifter löses med på ett liknande sätt som med liknande produkter i omvärlden.
- *Consideration of user resources* – att utforma en produkt med hänsyn till användarens resursbelastning.
- *Feedback* – att utforma en produkt så att användaren blir medveten om att en handling har registrerats, samt att information ges angående resultatet av handling.
- *Error prevention and recovery* – att utforma en produkt så att möjligheten för felhandling minimeras, samt att återhämtningen vid fel kan ske snabbt och enkelt.
- *User control* – att utforma en produkt med fokus på att maximera användarens kontroll över produktens funktioner och status.
- *Visual clarity* – att utforma en produkt så att användaren kan läsa av information på ett effektivt och lätt sätt, utan att förvirras.
- *Prioritisation of functionality and information* – att utforma en produkt så att de viktigaste funktionerna och den viktigaste informationen är lättillgänglig och prioriterad i gränssnittet.
- *Appropriate transfer of technology* – att utforma en produkt genom att utnyttja lämplig teknik utvecklad i andra sammanhang.
- *Explicitness* – att utforma en produkt med tydliga ledtrådar över hur produktens användning sker samt produktens syfte.

3.2.6 Mått för tillförlitlighet

För att en produkt skall kunna tillfredsställa en brukares behov på ett så bra sätt som möjligt måste förstudien som konceptutvecklingen bygger på att möta vissa kriterier angående validitet och reliabilitet. Låg reliabilitet innebär att studiens resultat skulle variera stort om studien utfördes åter en gång. Detta innebär att resultatet endast är en tillfällighet och kan då inte dras några slutsatser om. Validitet är istället ett mått på hur väl studiens resultat reflekterar det som avsågs ta reda på.

En studie kan ha hög reliabilitet utan att ha hög validitet då resultatet kan vara entydigt mellan testomgångar utan att nödvändigtvis svara på det som avsågs svara på. Hög validitet kräver däremot hög reliabilitet. Ekologisk validitet innebär att testsituationen till hög grad motsvarar den verkliga situationen som testet avser studera. (Rexfelt, 2013)

3.2.7 Hållbar utveckling

Uttrycket hållbar utveckling definierades för första gången 1987 i den så kallade *Bruntlandsrapporten* av förenta nationerna. Där definieras hållbar utveckling som: *"en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov"*. (FN-förbundet UNA-SWEDEN, 2012)

Detta betyder att det vid framtagning av en ny produkt måste tas hänsyn till aspekter så som material, processer och produktens demonterbarhet för att uppnå en hållbar produkt. Mer konkret kan detta innebära en produkt, ej bestående av sällsynta eller miljöfarliga material, som är lätt att demontera och där materialen kan återanvändas alternativt brytas ner naturligt utan att skada miljön.

3.2.8 Produktsemiotik

Produktsemiotik handlar om hur en produkt kommunicerar med användaren genom produktens design. De olika utformningsaspekterna, så som färg, form och material, samt användningen av en produkt påverkar hur en människa tolkar och uppfattar produkten. Genom design kan produkten beskriva den tänkta användningen, men även uttrycka egenskaper, så som säkerhet och pålitlighet, utifrån användarens tolkning. Produktsemiotiken påverkar i hög grad användningen, men även den upplevda användningen och hur positiv brukaren ställer sig till produkten. (Wikström, 2013)

3.2.9 Biomimicry

Med biomimicry menas att imitera naturen för att hitta lösningar på olika mänskliga designutmaningar. Genom ständig evolution i över 3.8 miljarder år har naturen skapat egna lösningar för att bland annat hitta optimal form, funktion och system som passar varierade klimat och situationer. Dessa lösningar är spridda över alla

tänkbara områden och kan sedan inspirera eller kopieras helt för att lösa problem och ta fram ett optimalt koncept vid en produktutvecklingsprocess.(SVID, 2014)

4. Metoder

I kapitlet redogörs för den metodik som tillämpats under projektet. Metodbeskrivningen är uppdelad i tre huvudkapitel för respektive process, planering och organisation, problemstudie och produktframtagning. Viss metodik tillämpas under alla processerna och presenteras då under den del där de först förekommer. Vissa processer sker kontinuerligt under arbetsgången, primärt avser detta: planering, datainsamling, dokumentering samt analys. Olika metoder kan tillämpas för dessa, beroende på under vilken fas de inträffar.

4.1 Planering och organisation

Framgångsrika projekt lägger sin grund i en genomtänkt organisatorisk struktur och tydligt definierad och väl planerad process. Lämplig metodik för att åstadkomma en sådan struktur redogörs för under detta kapitel.

4.1.1 GANTT-schema

Ett GANTT-schema syftar till att strukturera upp den övergripande arbetsprocessen i relevanta, hanterbara delprocesser och planerad tidsram, med start och slutpunkt, för respektive förlopp. Schemat definieras i ett koordinatsystem med respektive delmoment på Y-axeln och en tidslinje på X-axeln. Gantschema är en metod för initial planering, men kan komma att uppdateras allt eftersom projektramarna klarnar. Metoden medger visuell beskrivning av återkommande och överlappande processer på ett bra sätt, men redogör inte för inbördes förhållanden. (Johannesson et al. 2004)

4.1.2 Projektdagbok

Projektdagboken är ett dynamiskt dokument som innehåller en projektplan, tidslogg och dagbok. Syftet med projektdagboken är att kunna följa upp och utvärdera arbetet i efterhand. Projektplanen innehåller följande:

- Beskrivning av projektets syfte, mål och avgränsningar.
- Redovisning av ansvarsfördelning och tillgängliga resurser.
- En tidplan för projektet.

I dagboken beskrivs processen i kronologisk ordning och sammanfattar relevanta aktiviteter och tankegångar. Dagboken tillsammans med en tidslogg fylls i kontinuerligt under arbetsgången. Dagboken är behjälplig när resultatet skall presenteras i en rapport, för att minnas besluts- och arbetsgången samt vilka resonemang som förts kring olika förslag. (student.portal.chalmers.se, 2014)

4.2 Problemstudie

Problemstudien syftar till att skapa en utförlig bild av det system som den framtida produkten verkar i samt klargöra vilka aspekter som bör tas i beaktning vid produktframtagning. När bilden av systemet succesivt utvecklas kan problemområden urskiljas och genom en urvalsprocess kan relevanta områden, om så lämpligt, väljas för vidare produktframtagning. Problemstudiens struktur och således relevant metodik varierar stort mellan olika projekt med olika förutsättningar. Under följande delkapitel beskrivs metoder som används för den specifika projektprocess som rapporten avhandlar.

4.2.1 Förstudie

Förstudie används för att samla bakgrundsmaterial för produktframtagning. Beroende på projektkaraktär kan förstudien vara av olika omfattning och inbegripa olika metodik. Men det övergripande syftet är att definiera produktens syfte; alltså *vad* som skall uträttas. Förstudien sker förutsättningslöst och involverar med fördel olika kompetensområden. Förstudien kan inbegripa ett antal olika metoder. (Johannesson et al. 2004)

4.2.2 Intressentanalys

Denna analys ämnar kartlägga de aktörer som har kontakt med en produkt eller resultatet av ett projekt. Intressenterna är i huvudsak de som kommer i kontakt med produkten eller projektresultatet och påverkas av detta. Analysen omfattar både externa och interna aktörer och deras anknytning till produkten eller projektresultatet används som vägledning i projektet. Intressentanalysen är vidare dynamisk; den förändras och uppdateras med all relevant data som inkommer under projektets gång. (Bligård, 2011)

4.2.3 Litteraturstudie

Litteraturstudie kan användas till att beskriva det rådande kunskapsläget inom de ramar projektet har till avseende att undersöka. Studien kan även ha till avsikt att samla in bakgrundsfakta till det pågående projektet.

Exempel på litteratur som kan användas som källor är följande; Läroböcker, vetenskapliga publikationer, tillbud- och olycksstatistik, manualer och tidigare projektdokumentation. Dessa studier kan verka som en god kunskapsgrund för vidare studier i form av intervjuer eller observationer. (Bligård, 2011)

4.2.4 Observationer

Observationer har för avsikt att samla in information om hur en användare agerar i en viss situation. Genom observationer kan kunskap erhållas om användarens beteende, något som i många fall är ett beteende som den observerade inte är medveten om. Detta kan ge kunskap om hur produkter hanteras, hur uppgifter

utförs och vilka problem som kan uppstå och därmed vilka risker den observerade utsätts för. Genom observationer kan man även fånga upp användarens attityder och åsikter och samtidigt se hur användaren agerar, inte hur den säger att den agerar. (Bligård, 2011) (Metodappendix, 2014)

Observationer kan genomföras som direkta iakttagelser där observatörer befinner sig på plats och iakttar händelserna med alla sina sinnen. I detta skede bör observatörer agera med försiktighet för att inte påverka den observerades handlingar. Vid direkta observationer bör iakttagelser registreras med hjälp av exempelvis videokamera, anteckningar och bandupptagning. Även indirekta observationer kan utföras, i dessa fall befinner sig inte observatören på plats, utan låter registreringen ske med hjälp av video- eller dataregistrering placerad i systemet. (Bohgard et al. 2010)

Resultaten från observationerna kan anta både kvantitativ och kvalitativ form där kvalitativa resultat är de som oftast presenteras.

4.2.5 Intervju

En av de mest grundläggande metoderna för att samla in användarinformation är intervjuer. En djupare förståelse för användarens tankar och resonemang vad gäller användningen av en produkt eller genomförandet av en uppgift kan med hjälp av intervjuer träda fram. Subjektiv data från användarna genereras vid intervjuer, vilket exempelvis kan vara upplevelser, erfarenhet och åsikter.

Intervjuer delas vanligtvis in i tre kategorier: ostrukturerad intervju, strukturerad intervju samt semistrukturerad intervju. Intervjuer kan även vara av kvalitativ, alternativt kvantitativ karaktär. Kvalitativa intervjuer fokuserar på att undersöka orsaks samband, medan kvantitativa intervjuer snarare söker absoluta värden för statistisk utvärdering.

Ostrukturerad intervju

Denna typ av intervju är att föredra då intervjuaren inte besitter någon större kunskap om det område som skall undersökas eller då undersökningsområdet inte på förhand är identifierat.

Intervjuaren ställer oftast *öppna* frågor i en ostrukturerad intervju *öppna* frågor, vilket ger intervjupersonen möjlighet att utveckla och resonera kring sina svar. Det ger även intervjuaren möjlighet att fördjupa sig i vissa frågor som verkar intressanta eller ställa följdfrågor då något kan tyckas oklart. Resultatet från en ostrukturerad intervju kan av den anledningen bli svåra att sammanfatta och jämföra.

Strukturerad intervju

Vid en strukturerad intervju får intervjupersonen svara på frågor som på förhand har formulerats. Intervjupersonen kan antingen svara på direkta frågor eller välja svar efter en viss gradering. I denna typ av intervju kräver det att intervjuaren innehar en god kunskap inom ämnet och har en tydlig bild av vad som skall undersökas. Resultatet från en ostrukturerad intervju genererar kvantitativ data vilket medför att det, till skillnad från ostrukturerade intervjuer, är lättare att analysera.

Semistrukturerad intervju

Denna typ av intervju är ett mellanting av strukturerad intervju och ostrukturerad intervju där intervjupersonen på förhand har tagit fram en mall efter vilken intervjun skall föras. Intervjupersonen kan inom denna struktur fritt välja vilka frågor som skall tas upp samt ställa följdfrågor om detta skulle krävas. Denna typ av intervjuteknik kräver att intervjupersonen har en tydlig bild av vilket ämne som skall behandlas och vad som där är relevant att behandla. Med hjälp av den i förhand bestämda mallen kan en analys av insamlad data genomföras på ett enkelt och strukturerat sätt. Semistrukturerade intervjuer medför både kvantitativ och kvalitativ data.

Det finns vissa nackdelar som bör tas i beaktning vad gäller intervjuer. Då intervjuaren hela tiden är närvarande vid intervjun kan detta få en viss påverkan på intervjupersonen. Beroende på t.ex. personens personlighet, attityd, yrke eller intresse kan detta te sig på olika sätt. Det kan bland annat leda till att personen i fråga förändrar sina svar för att behaga intervjuaren, så kallade intervju effekter. Det finns även risker att en för omfattande slutsats dras av svaren från en specifik fråga, då svaren egentligen inte är representerbara eller inte stämmer överens med den verkliga handlingen.

Intervjuerna kan med fördel spelas in vilket i ett senare skede gör det lättare att sammanfatta. Det medför även att mer fokus kan läggas på frågorna och respondenten istället för att anteckna. (Bohgard et al. 2010)

4.2.6 KJ-analys

Kj-analys är en metod som används när stora mängder data skall sammanställas och generera en helhetsbild. Strategin som KJ-analysen bygger på kallas "*bottom-up*", vilket innebär att detaljerna studeras i första hand och sedan förflyttar man sig upp mot helhetsbilden. På detta sätt kan man identifiera flera "problemområden".

Detta kan på ett enkelt sätt utföras genom att skriva upp enskilda citat på en post-it lapp. Post-it lappen placeras sedan på en större yta, exempelvis ett bord. Flera citat utplaceras, citat som relaterar till varandra kan sedan grupperas/kategoriseras och

därmed ge en god överblick över insamlad data. KJ-analysen kan exempelvis resultera i en krav- eller problembild. (Metodappendix, 2014).

4.2.7 Riskanalys

En riskanalys undersöker vilka faror som finns vid användningen av en maskin eller i ett system. Med denna metod önskar man identifiera vilka faror som existerar, hur dessa uppkommer, hur sannolikt det är att de inträffar samt vilka konsekvenser en eventuell olycka medför.

Metoden som sådan är objektiv. När en risk eller ett fel identifieras värderas sannolikheten att det inträffar samt vilken allvarlighetsgrad detta kan innebära. Sannolikheten för att en specifik risk inträffar bedöms med ett värde mellan 0 och 8. Detsamma gäller för Konsekvensnivån. Bedömningskriterierna definieras i tabell 1. Särskilt påtagliga anses risker med ett högt sammanlagt värde vara. Riskanalysen presenteras lämpligen i ett diagram, med sannolikhet på X-axeln och konsekvens på Y-axeln. (appendix 3, 2014)

Tabell 1: Riskanalys

Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Nivå 0 = Osannolik, inträffar om 30 år.	Nivå 0 = Betydelselös.
Nivå 3 = Mindre sannolik, inträffar om 5 år.	Nivå 3 = Låg, kan påverka trovärdighet, viss ekonomisk påverkan, gränslandet för vad som är lagligt, liten påverkan på liv och hälsa.
Nivå 5 = Möjlig, kan inträffa under året.	Nivå 5 = Hög, är avgörande för trovärdighet, stor ekonomisk påverkan, gråzonen för vad som är lagligt, stor påverkan på liv och hälsa, flertal skadade.
Nivå 8 = Sannolik, inträffar flera gånger per år.	Nivå 8 = Mycket hög, kan hota företagets trovärdighet, mycket stor ekonomisk påverkan, är olagligt, mycket stor påverkan på liv och hälsa, flertal döda eller svårt skadade.

4.2.8 Fokusgrupp

En fokusgrupp är en gruppintervju där mellan 5 och 15 deltagare/intervjupersoner diskuterar kring vissa förutbestämda frågeställningar eller teman. Det kan bland annat beröra tankarna kring en ny produkt, erfarenhet av en produkt, en viss arbetssituation eller ett system. Diskussionen leds av en moderator som ansvarar för att alla deltagare är aktiva och får möjlighet att uttrycka sina åsikter samt att diskussion hålls inom de bestämda ramarna (Bohgard et al.2010). Diskussionen som sådan skall tillåtas vara öppen och därmed ge utrymme för spontanitet hos deltagarna.

Tanken med fokusgrupper är att deltagarna, med sina uttalanden, hjälper varandra att associera till vad som är sagt, bygga vidare på dessa uttalanden och därmed

komma fram till nya idéer eller synpunkter. Medierande objekt som exempelvis bilder, foton eller verkliga produkter kan med fördel användas för att starta upp diskussionen. Diskussionen kan med fördel dokumenteras med hjälp av exempelvis bandspelare så att man i efterhand kan sammanfatta resultatet.

4.2.9 Urvalsmatris

Detta är en metod som används för att bedöma olika lösningar till ett problem. Önskade funktioner som lösningen skall inneha tas fram, lösningsförslagen utvärderas sedan för de olika funktionerna. Funktionernas inbördes förhållande rangordnas med en poängskala med avseende på hur viktiga de är för slutlösningen. Lösningsförslagen ges sedan poäng med avseende på hur väl de uppfyller funktionerna. Resultatet av viktningsmatrisen är en poängsumma för var och en av lösningsförslagen. (Appendx 3, 2014)

4.2.10 Fiskbensdiagram

Fiskbensdiagram, även kallat *Ishikawadiagram* efter dess skapare Kauro Ishikawa, är en metod som används för att strukturera upp huvudorsaker samt delorsaker till ett i förväg definierat problem.

Med denna metod önskar man strukturera orsakerna till problemet för att på ett enkelt sätt finna lösningar till problemet. Med hjälp av diagrammet kan man även åskådliggöra orsakernas inbördes inverkan på varandra. Genom att fördela huvudorsakerna likt ben sprungna ur huvudproblemet, och därefter identifiera delorsaker till huvudorsakerna, kan man på tydliggöra orsakerna till det aktuella problemet. (Bligård, 2011)

4.3 Produktframtagning

För att säkerställa en kvalitativ produktframtagningsprocess och på så sätt skapa goda förutsättningar för ett resultat av hög kvalitet finns ett brett urval av metoder, lämpliga att använda under olika processfaser. En utbredd förståelse för metodiken är en förutsättning för att rätt metod används, med lämpliga modifieringar, vid rätt tidpunkt i processen.

4.3.1 Konceptgenerering

Konceptsyntesen syftar till att generera en stor mängd lösningsförslag för definierade delfunktioner, som sedan kan sättas samman till ett koncept.

Funktionsanalys

Funktionsanalysen definierar huvudfunktionen för den potentiella produkten, utifrån det formulerade problemet. Huvudfunktionen delas i sin tur upp i samverkande delfunktioner. Anledningen till denna uppdelning är att det är lättare att idégenerera fram lösningsförslag kring flera enkla delfunktioner än en komplex huvudfunktion. (Johannesson et al. 2004)

Brainstorming

Brainstorming är en metod för idégenerering där man i en grupp försöker framkalla så många idéer som möjligt för att lösa ett identifierat problem. Med denna metod uppmuntras det att tänka fritt utanför ramarna. Vissa tumregler är viktiga att förhålla sig till: *inte tillåtet att ge kritik, eftersträva kvantitet, gå utanför det vanliga* samt *kombinera idéer* (Johannesson et al. 2004). Med hjälp av dessa tumregler önskar man åstadkomma en positiv och kreativ miljö som förbättrar idéflödet och kreativiteten. Under idégenereringen bör anteckningar föras som sedan kan utvärderas i efterhand. Anteckningar kan innefatta dokumentation samt förklaringar av idéerna. (Bohgard et al., 2010).

PVOS-metod

På vilka sätt, förkortat PVOS, är en metod inom idégenerering då en eller flera lösningar till ett fastställt problem skall tas fram. Genom att ställa frågan: *“på vilka sätt kan man lösa...?”*, så kan flera lösningsförslag presenteras. PVOS kan appliceras både vid en bred problemformulering som vid en mer detaljerad problembild där ett mer specifikt problem skall undersökas.

Katalogmetoden

Detta är en metod som har till avsikt att stödja det kreativa tänkandet i idégenereringsfasen. Genom att söka information i bland annat tryckt- och digital media så kan man låta sig inspireras till nya idéer. Man kan antingen systematiskt söka efter befintliga lösningar till det aktuella problemet man önskar lösa, alternativt befintliga lösningar till ett liknande problem. Man kan även söka information helt ostrukturerat vilket kan verka som en inspirerande kraft där till exempel konst, mode och ny design kan väcka associationer och inspirera till nya idéer. (Johannesson et al. 2004)

4.3.2 Expression board och Expression association web

Expression board är ett collage av bilder som beskriver det önskade uttrycket hos en produkt. Syftet med en *expression board* är att kommunicera tanken bakom utseendet på produkten internt inom projektgrupp eller externt mot uppdragsgivare. En *expression board* kan underlätta arbetet vid idégenereringen och samtidigt styra in arbetet på rätt väg. En *expression association web* beskriver önskade uttryck för produkten i ordform, som adjektiv. (Bligård, 2011)(Wikström, 2013)

4.3.3 Pugh-matris

För att utvärdera flera konceptförslag och sedan välja ut det bästa för vidare förbättring och utveckling är *Pugh*-matrisen en väl fungerande metod. I denna metod ställs de konceptförslag som tagits fram mot de krav som tidigare identifierats.

Kraven, konceptförslagen samt en referenslösning förs upp i en matris där sedan konceptförslagen jämförs med referenslösningen. Jämförelsen går ut på att se hur väl konceptförslagen uppfyller de identifierade kraven i förhållande till referenslösningen; *uppfyller de kraven bättre(+)*, *lika bra(0)* eller *sämlre(-)*. Referenslösningen kan vara vilken som helst av lösningarna, men även en lösning som redan existerar.

När kraven och lösningsförslagen behandlats summeras värdena och ett resultat framkommer, vissa lösningar kan då väljas att gå vidare med medan andra kan väljas bort. Vid detta beslut är det viktigt att ta hänsyn till resultatet, om resultatet är relevant. Som ett exempel kan ett lösningsförslag med bara nollor(0) få ett lika bra resultat som ett resultat med lika många plus(+) som minus(-), detta måste då tas hänsyn till. (Metodappendix, 2014) (Johannesson et al. 2004)

4.3.4 LCA

Life Cykel Assessment, förkortat LCA, är en metod för att värdera och analysera en produkts potentiella miljöpåverkan under dess livscykel. Produkten genomgår följande faser i sin livscykel; produktion, distribution, användning, avveckling och sluthantering. Med hjälp av LCA kan flera konceptlösningar jämföras, problem kan identifieras och det koncept med minst miljöpåverkan kan förslagsvis väljas. Flera LCA-databaser finns till hands vid denna analys, de innehåller data för miljöbelastningar kopplade till bland annat; material, industriella processer samt transporter. (Johannesson et al. 2004)

LCA-analysen uppdelas vanligtvis i följande fyra steg:

- Målbeskrivning, omfattning och avgränsning
- Inventering, materialflödesanalys
- Miljöpåverkanbeskrivning
- Värdering

Fördelarna med LCA är att man på ett tydligt sätt kan jämföra olika konceptförslag samt att man kan identifiera var i livscykel miljöpåverkan uppstår. Nackdelar med analysen är att den är tidskrävande, datatillgången kan vara begränsad samt att kvalitén för insamlad data kan vara varierande.

4.3.5 Visualisering-CAD

Computer Aided Design, CAD, innebär att en produkt eller komponent kan konstrueras digitalt i en dator och då kan presenteras visuellt utan en fysisk produkt. *Virtual prototyping* med hjälp av CAD möjliggör tester och utvärdering utan den merkostnad faktisk tillverkning kan innebära. CAD utförs med fördel när tekniska principer och huvudsaklig design är fastställd, då det är ett relativt tidskrävande arbete att konstruera en produkt digitalt.

Utifrån CAD-geometrierna kan även konstruktionsunderlag genereras, med noggrann måttsättning och tillverkningstoleranser specificerade. CAD-programvaran levereras dessutom ofta med beräkningsmoduler vilka kan användas för utvärdering av produktens prestanda. (Johannesson et al. 2004)

4.3.6 Utvärdering med fysisk modell

Utvärderingstester kan se ut på många olika sätt och måste anpassas för varje enskilt projekt efter det unika syftet med utvärderingen. Generellt kan några riktlinjer beaktas för att skapa goda förutsättningar för givande utvärderingar. (Rexfelt, 2013)

- Varför utförs testerna? (Syfte)
- Vad skall undersökas, lämpliga testparametrar?
- Var ska testet ske och hur påverkar miljön resultatet?
- Hur skall modellen utformas för att syftet skall kunna uppfyllas?
- Hur ska resultatet mätas och dokumenteras?

5. Genomförande - Problemstudie

Problemstudien(Figur 4) som genomförts är en utökad förstudie i två iterationssteg, med syfte att identifiera och beskriva ett passande område för ett arbete mot en förbättrad säkerhetssituation. Den första iterationen är en övergripande problemstudie för att identifiera problemområden på hela bergtäkten. Den andra iterationen är en smalare och mer detaljerad problemstudie för ett av de identifierade problemområdena.

5.1 Konkretisering av projektramar

I projektets uppstart kontaktades uppdragsgivaren(SBMI) för att gemensamt utarbeta en tydlig projektbeskrivning samt för att fastställa de avgränsningar som projektet förhåller sig till.

5.2 Inledande studie

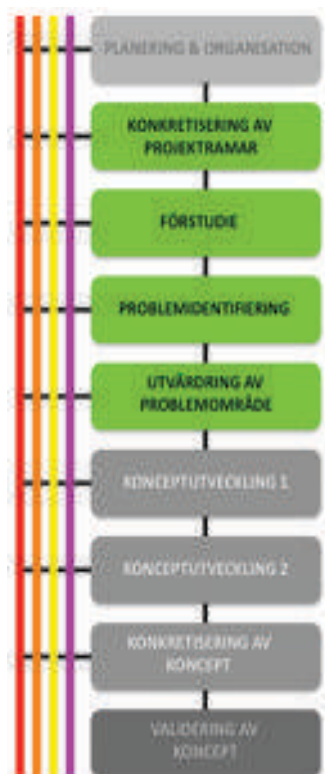
Som ett första steg i förstudien kontaktades ett flertal företag som verkar inom bergmaterialindustrin och tider bokades för besök på täkterna. Förstudien baserades på data, ostrukturerade intervjuer med kvalitativt fokus, observationer samt foto- och videodokumentation på fyra täkter. Tre av täkterna var större, fasta anläggningar och en var en mindre takt där det endast fanns två mobila krosslinor.

Det första besöket fokuserades mot att skapa en förståelse för en bergtäkts övergripande struktur. På detta följde ytterligare tre besök med större möjligheter att dokumentera de arbetsuppgifter och den arbetsmiljö operatörerna verkar i och med det skapa en bättre uppfattning om var på täkten potentiella problemområden finns. Då tillfälle gavs utfördes ostrukturerade intervjuer med operatörer samt ledning. Under besöken observerades och dokumenterades en stor mängd potentiella riskområden. Den foto- och videodokumentation som genomfördes vid besöken på täkterna gav grund för senare analys av problemområden.

5.3 Problemidentifiering

Denna fas inleddes med sammanställning av insamlad data; intervjusvar från ostrukturerade intervjuer, statistik från AV, intern statistik från besökta företag samt utförda observationer.

För att konkretisera systemets relevanta aspekter definierades en systembild med relevanta brukar- och kontextbeskrivningar. Systembeskrivningen byggde till stor del på insamlad data, observationer och intervjuer från arbetsplatsbesöken.



Figur 4: Projektprocess genomförande

För att säkerställa bibehållen projektriktning under hela projektgången samt för att en presumtiv lösning skulle kunna bli så tillfredställande som möjligt för samtliga parter formulerades ett antal urvalskriterier:

- **Förbättringspotential** – I vilken grad en framtida lösning erbjuder en möjlighet till att positivt påverka säkerhetssituationen för operatören.
- **Produktifierbarhet** – I vilken grad och hur väl en faktisk produkt kan lösa problemet.
- **Generaliserbarhet** – Hur väl en lösning går att anpassa till SBMI:s medlemstäckter.
- **Befintliga lösningar** – I vilken grad befintliga lösningar inom samma/andra områden kan lösa problemet.
- **Intresse/inspiration** – Subjektiv inställning till problemområdet.

Dessa kriterier gavs även en inbördes viktning gentemot varandra vilken presenteras i bilaga 2 tillsammans med en mer ingående beskrivning av urvalskriterierna. Kriterierna har kontinuerligt använts som aspekter vid utvärdering, oavsett vilka beslut som tagits.

Därefter genomfördes en klassisk riskanalys, baserad på insamlad data centrerad kring de övergripande problemområden som identifierats vid besöken. Med sammanställd data samt resultatet av riskanalysen utfördes en sällning av problemområden varefter endast fyra områden återstod: de områdena med störst sannolikhet för olycka och med högst allvarlighetsgrad. För att få ökad validitet i riskanalysen kompletterades den med detaljerad olycksstatistik från ett bergskrossbolag. En djupare analys av de valda problemområdena utfördes varefter en problemvalsmatrix, med de viktade urvalskriterierna, användes för att särskilja dessa. Eftersom valda riskområden var näst intill oskiljaktiga valdes fortsatt inriktning i samråd med uppdragsgivare. Den fortsatta studien riktades mot problematiken kring transportörer.

I nästa skede följde riktade semi-strukturerade intervjuer utifrån en på förhand formulerad intervjuguide(bilaga 3) med fokus på det valda problemområdet transportörer och arbetet kring dessa. Intervjuer genomfördes på de tre större täckerna som besökts. Urvalet för den riktade intervjustudien utgjordes av 12 stycken respondenter från tre olika företag. Vid val av intervjupersoner sågs primärt till vilka arbetsuppgifter och vilken ansvarsposition som den intervjuade hade. Ett representativt urval söktes för operatörerna, den primära brukargruppen för problemstudien. Både enskilda och gruppintervjuer utfördes. För att komplettera operatörernas problembild intervjuades även två platschefer och en driftansvarig. En

av intervjupersonerna var skyddsombud. Intervjuerna utfördes primärt avskilt på plats på bergtäckerna, men även över telefon.

Intervjusvar samlades in, transkriberades, sammanställdes och kategoriserades i en KJ-analys. För att bena ut orsakssamband sammanställdes ett fiskbensdiagram samt en variant av den *toyota*-inspirerade *5-why*-metodiken. *5-why*-metoden innebär att frågan "varför" ställs i fem led för att identifiera bakomliggande orsaker till problem. Således kan samband identifieras där flera orsaker leder till ett och samma problem uppstår, samt där en orsak leder till att flera olika problem uppstår. Resultatet sammanställs i en linjär hierarki för att illustrera orsakssambanden. Både fiskbensdiagrammet och *5-why*-hierarkin användes för att definiera vilka orsaker som ger upphov till ett och samma problem och vilka olika problem som är konsekvens av en specifik orsak.

I detta skede fanns tillräcklig data för skapa en tydlig och riktad intressentanalys mot transportörer. Med utgångspunkt i KJ-analysen, intressentanalysen och i samråd med uppdragsgivaren fattades sedan beslutet att göra ytterligare en inriktning. Det beslutades att arbeta vidare med problematiken med de rörliga delarna på transportören.

Denna reducering av abstraktionsnivå innebar att *why*-hierarkin och *Ishikawadiagrammet* kunde användas för att identifiera specifika problempunkter för transportören. Därefter användes en orsak-konsekvensmatris med syfte att tydligare visualisera de olika problempunkterna. Problematiken kunde isoleras till den punkt där risken för allvarlig kroppskada var som störst: vid vändtrumman i början av transportören.

6. Resultat och analys - Problemstudie

Utgångspunkten för problemstudien är formulerad som målet: att förbättra säkerhetssituationen för operatör i bergtäkt. Slutpunkt för problemstudien resulterar i att ett lämpligt problemområde väljs för produktframtagning, samt en grundlig beskrivning av det specifika problemområde som valts.

6.2 Systembild - Bergtäkt

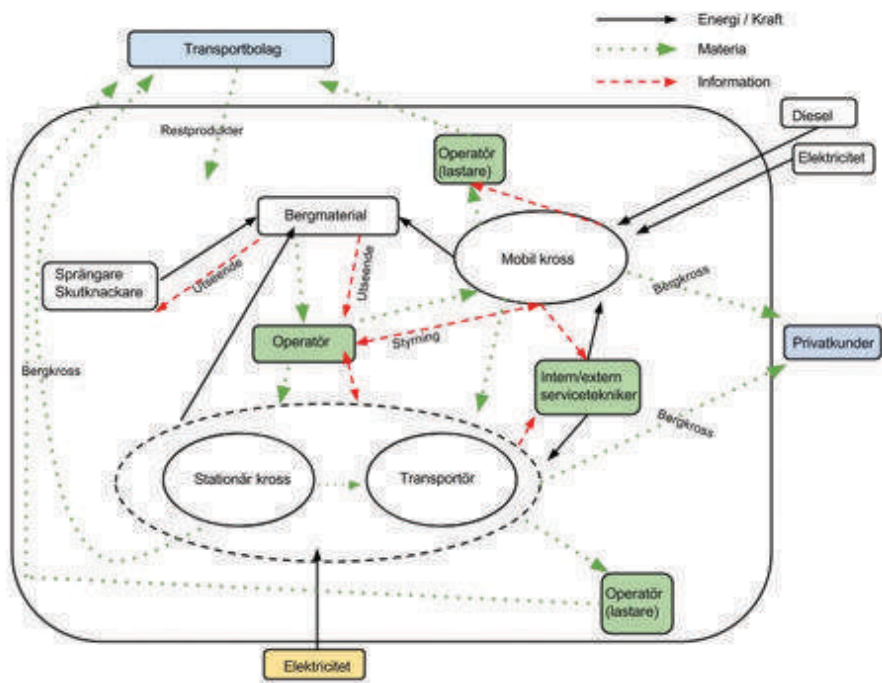
De första besöken på täkterna skapade en övergripande bild över de förhållanden som råder på en bergtäkt. Dessa förhållanden presenteras nedan i form av systembeskrivning, kontext- och brukarbeskrivning samt genom identifierade problemområdesbeskrivningar.

6.2.1 Behov

Genom den inledande studien och i dialog med uppdragsgivaren klarnar branschens behov: utveckling av en befintlig produkt eller framtagning av en helt ny produkt som genom bästa möjliga systemanpassning kan reducera, eller i optimala fall helt och hållet eliminera, de risker som täktpersonal utsätts för.

6.2.2 Översiktlig systemöversikt med flödesanalys

Systemets ingående delar samt dess olika flöden illustreras sammanfattande i figur 5.



Kritiska flöden, som potentiellt har stort inflytande över risksituationen, är framför allt informationsöverföring mellan individer som vistas i miljön. Brister i kommunikation, oavsett om det är visuell, verbal eller dylikt, kan få fatala konsekvenser som följd. Radiokommunikation som enbart är verbal och på så sätt saknar möjlighet till redundant återkoppling är en källa till miss-kommunikation som exempelvis kan leda till att maskiner startas vid potentiellt farliga situationer. Under förstudien har observerats situationer då brister i radiokommunikation mellan operatör och kontrollrum har framkallat tillbud. Brister i kommunikation mellan tekniker och kontrollrum belyses genom intervjuperson sex citat:

“Ja, de har inte full koll. Det finns inte den chansen, jag måste berätta var jag är någonstans. De hoppas ju verkligen att jag berättar och inte hoppar över och gör någonting annat utan att de får reda på det. Och det SKA vi ju göra. Men sen också... så slarvar man” (IP6)

Inom tåkten sker omfattande materialförflyttningar, vilket egentligen utgör den bakomliggande orsaken till många av de risksituationer som uppstår. Behovet av förflyttning leder till interna materialtransporter med fordon och transportörer; två riskintensiva områden. Med genomgripande strukturella förändringar kan sannolikt materialförflyttningarna reduceras markant och därmed, till viss del, minska riskerna som täktpersonalen utsätts för.

6.2.3 Kontextbeskrivning

Arbetsplatsundersökningarna har resulterat i en samlad bild av de kontextuella förhållanden som råder på krossarbetsplatsen vilka presenteras nedan.

Klimat

Täkterna återfinns över hela Sverige vilket innebär en relativt omfattande anpassning med avseende på klimat. En produkt kommer att vistas i utomhusmiljö i värme, kyla och vid temperaturväxlingar(bild3).

Produkten kommer att användas under varierande luftförhållanden med nederbörd, vind, luftfuktighet samt partiklar så som damm och salter. De varierande förhållanden som råder i tåkten beskrivs av intervjuperson åtta.



Bild 3: Vintermiljö

“...på sommarn är det ju, när det blir mycket damm, då dammar det ju igen va å så ser ju inte ögonen å det va...”(IP8)

Miljö och omgivning

Miljön på krossarbetsplatsen är sammanfattningsvis mycket påfrestande för utrustning och människor att vistas i. Många maskiner är väldigt stora, tunga och kraftfulla och orsakar ett omfattande mekaniskt slitage (Bild 4). Bergmaterialet som bearbetas utgörs ofta av tunga och vassa fraktioner. Blött material är lerigt och betydligt tyngre än torrt material. Miljön är vid drift generellt bullrig och dammig. Höga nivåer av vibrationer kan uppstå i vissa områden av täkten.



Bild 4: Miljön på bergtäkten

Maskiner och utrustning

En stor del av de statiska maskinerna på täkten är relativt gamla, i synnerhet transportörerna. Generellt sker kontinuerligt service- och underhållsarbete av utrustningen, antingen vid planerade stopp eller när något gått fel i processen. Utrustningen på täkterna hanteras ibland oaktsamt av brukarna. Det finns generellt sett samma typ av maskiner och utrustning på de olika täkterna, som även är lika i utformningen. Detta på grund av att den övergripande utformningen inte skiljer sig i stort mellan olika leverantörer eller mellan varierande årsmodeller, en transportör har exempelvis ett antal komponenter som är gemensamma för samtliga transportörer. På detaljnivå råder däremot mycket stora skillnader mellan maskiner både inom och mellan olika anläggningar.

Produktion, rutiner och policy

På grund av små vinstmarginaler är branschen känslig mot försämrade produktionstakt, vilket möjligen kan medföra en produktionspress som kan leda till misstag bland brukare, samt att vissa säkerhetsrutiner negligeras. Intervjuperson åtta beskriver ett sådant resonemang.

“är det inte riktigt att akut så stänger vi ju inte, ser vi att det kan gå riktigt åt helvete eller om vi vet att det går rätt snabbt att fixa det då kan vi ju ta en snabbis å stänga av å fixa det om det går jävligt fort att fixa. Annars stänger vi ju inte av, för då blir det ju produktionsstopp”(IP8)

Säkerhetsrutinerna mellan olika företag kan även variera något men samtliga anläggningar som studien innefattar har någon form av plan med riktlinjer för säkert arbete. Säkerhetsarbetet har intensifierats på samtliga anläggningar under det senaste decenniet, och fortsätter att utvecklas kontinuerligt eftersom säkerhetsförbättringar har blivit ett betydligt starkare investeringsargument under de senaste åren. Trots att förbättringar sker kan utvecklingen av säkerhetsrutiner ofta kopplas till olyckor som skett; ett mer proaktivt säkerhetsarbete hade varit att föredra.

6.2.4 Brukarbeskrivning

Efter observationer och intervjuer har en generell bild av operatören vuxit fram. Att en säkerhetsprodukt anpassas till den identifierade brukaren är av yttersta vikt för den acceptans som är essentiell för en framgångsrik implementering.

Brukaregenskaper

Täktoperatörerna utgörs i princip uteslutande av män i varierande ålder, men med en förhållandevis hög medelålder. Vissa har ett delvis stillasittande arbete med processövervakning. Andra operatörer utför arbete av en betydligt mer fysisk karaktär, såsom tunga reparations- och servicearbete. Kroppstypen hos brukarna är således varierande, men generellt är operatörerna relativt fysiskt välbyggda.

Erfarenheter

Brukarnas bakgrund är generellt homogen, många har ägnat en stor del av sin yrkesverksamma tid inom branscher som tung industri, bygg eller mekanisk verkstad. Om tidigare utbildning finns så är det generellt med inriktning på industri eller verkstad. Sammanfattningsvis har brukaren goda mekaniska kunskaper.

Generell attityd

En stor andel av operatörerna trivs med sina arbeten och nämner framför allt den sociala aspekten av arbetet som ett viktigt motiv till trivseln. För många av

operatörerna är det viktigt att utföra arbetet tillsammans med en eller flera arbetskamrater.

I den riskfyllda miljön som brukaren verkar är det av yttersta vikt att ständigt behålla fokus. Ett ouppmärksamt ögonblick kan få ödesdigra konsekvenser både för den enskilde brukaren och för andra personer som vistas inom området. Detta kan vara särskilt riskfyllt vid exempelvis trafiksituationer där tunga grävmaskiner och hjullastare verkar i samma område som privatbilar och fotgängare. Riskerna kan även uppkomma om operatören som styr krossarna och transportörerna från kontrollanläggningen mister fokus. Riskerna är svår att helt eliminera på grund av mängden element som måste uppmärksammas av den enskilda operatören. Detta understryks av intervjupersonen åtta:

“Och det är ju även mänskliga faktorn, att dom inte är med till 100 % när dom sitter och kör, och det kan man ju inte säga nåt om, dom håller ju inte koll överallt.” (IP8)

Riskattityd

Brukarna vittnar om en omfattande utveckling av riskmedvetenheten under de senaste tio åren. Under observationerna har identifierats att det trots allt finns stora brister i brukarnas generella riskhantering. Man är många gånger medveten om riskerna, men väljer av olika anledningar ett bekvämt eller snabbt alternativ framför ett säkert.

Många operatörer har även ett eget inbyggt ”produktionskrav”; man inser vikten av att maskinerna rullar och stressas till viss del av produktionsstopp. Intervjupersonen tre om stressens påverkan för risktagandet:

“Sen är det också hur man jobbar, hur bråttom man har att göra jobbet. Du kan göra det snabbt och riskabelt eller långsammare... jag har varit med många gånger själv när... 'Jag skulle behöva ett lite längre spett... äh, vi försöker ändå' Där tror jag väldigt mycket, att man tar sig tid att göra det riktigt, tänker efter.” (IP3)

Arbetsplatskulturen verkar bidra med en viss prestige i riskfyllt arbete; arbete skall av tradition omgärdas av vissa risker. Många uppgifter som brukarna utför är typiska, vilket verkar medföra ett visst slentrianmässigt beteende; brukaren utför uppgifterna utan att reflektera över eventuella risker eller konsekvenser av sitt handlande. Intervjupersonen sex återger sin bild av riskerna med ett slentrianmässigt beteende:

“Nån som tror att ”jag ska bara”, det är det farligaste som finns.”(IP6)

Riskmedvetenheten och benägenheten att ta risker verkar även variera något mellan varje enskild individ. Dessa skillnader kan variera med den personliga mentaliteten, erfarenhet från tidigare arbete, ålder och liknande. Intervjuperson nio berättar om skillnaden i mentalitet mellan operatörer med lång erfarenhet och nykomlingar:

“Varje dag försöker vi prata om det, framförallt vi som är lite äldre, vi vill gärna få upp medvetandet hos dom yngre, så att dom tänker på det hela tiden, att det är risker överallt.”(IP9)

Förändringsmotivation

Brukarna kan generellt anses relativt konservativa med avseende på implementering av nya hjälpmedel och säkerhetsprodukter. Genom tidigare införsel av säkerhetsrutiner och skyddsprodukter har trots allt observerats att det finns möjlighet att förändra brukarnas förhållningsätt. Intervjuperson tre, som har en ansvarsposition uttrycker det:

“Det är en mänsklig grej helt enkelt och varför vet jag inte för man äventyrar sin egen hälsa, man äventyrar andras hälsa och så vidare för att göra en kortsiktig grej som man absolut inte behöver. Det är en attitydförändring som måste till. Och det har vi märkt av här att det går ju att ändra attityder, men det tar tid och man måste vara envis och man måste vara konsistent.” (IP3)

Drivkrafter som påverkar brukarnas inställning och agerande är ansträngningsnivå, omväxling, lön, arbetsplatsanda och yrkesstolthet. Detta är aspekter som tillsammans med naturliga påtryckningsmedel, som förbud och policy, kan verka effektivt som incitament för en utveckling av säkerhetssituationen på krossarbetsplatserna.

6.3 Problemidentifiering - Bergtäkt

Utöver en tydlig bild av brukaren och kontexten identifierades även ett stort antal problemområden och risker under förstudiens observationer och intervjuer som redogörs för under följande kapitel.

6.3.1 Översikt

Operatören utsätts under en vanlig dag för ett stort antal risker, generellt eller kopplade till specifika moment. Vibrationer, dammets påverkan på hälsa och siktförhållanden samt buller är konstanta riskområden med relativt hög exponeringsgrad, men med något lägre konsekvens. Riskområden med svårare konsekvenser men ofta med något lägre exponeringsfrekvens inkluderar risken att skadas av fordon i rörelse på tåkten, av flygande eller fallande kross- eller sprängmaterial, genom fall från höjd eller genom att fastna och klämma sig i rörliga delar. Identifierade problemområden är sammanställda i figur 6.

	Förbättringspotential	Produktifierbarhet	Generaliserbarhet	Inspirerande	Befintliga lösningar	Summa	Summa viktning
Trafik	4	4	4	3,75	2	17,75	14,7
Damm	5	4	5	2	2	18	16
Transportörer	4	4	3	3	3	19	15,4
Vibrationer	1	3	4	1,25	2	11,75	9,3
Fallrisk	4	4	5	2,25	3	18,25	15,5
Maskinskydd	4	4	3	3,5	3	16,5	14
Inbördes viktning	6	5	4	2	3		

Figur 6: Problemområdesmatrix

Efter utvärdering av problemområdena i matrix, med de i genomförandet definierade urvalskriterierna, identifierades fyra områden som särskilt potenta. Trafiksituationen, fallrisk, dammexponering samt risk vid arbete kring transportör stack ut som särskilt riskfyllda områden i kombination med god förbättringspotential. För att skilja dessa områden åt sammanställdes en bild av problemet, kompletterad med ytterligare studier av detaljerad olycksstatistik.

6.3.2 Problemområdesbeskrivning

Genom fortsatta studier konkretiserades de fyra problemområden som stack ut, för att på så sätt erhålla en samlad bild av ingående aspekter, samt att likställa abstraktionsnivån för de olika områdena, för att i nästa steg kunna göra ett adekvat val av problemområde. Dessa problemområden beskrivs i detalj nedan.

Trafiksituation

Bergtäkten trafikeras av ett stort antal motorfordon av varierande storlek och vikt, vilket utgör en unik trafiksituation. De extremt tunga fordon som trafikerar täkten (Bild 5), kan vid eventuell kollision med annat fordon eller person uppenbarligen leda till ödesdigra konsekvenser. Fordon i täkten framförs av förare med blandad erfarenhet av omgivningen, från privata trafikanter som vistas i täkten för första gången och har låg områdeskännedom, samt dålig eller ingen medvetenhet om rådande säkerhetsrutiner, till intern personal med mycket stor erfarenhet. Där emellan finns även externa transportbolag som med jämna mellanrum hämtar och lämnar material i täkten.



Bild 5: Trafik på bergtäkten

Åtgärder vidtas på flera täkter med syfte att förbättra trafiksituationen redan i dagsläget, men studien tyder på att en grundlig analys av den *faktiska* problembilden kan bidra till en lösning anpassad efter den verkliga kontexten och samtliga individer, från privatkunder till maskinoperatörer. Under förstudien har trafikproblematiken identifierats som ett vanligt förekommande, men framför allt eftersatt, område som den senaste tiden aktualiserats, snarare som en konsekvens av rapporterade tillbud och olyckor än genom förebyggande arbete.

Damm

På samtliga bergtäkter har luftkvaliteten med avseende på höga dammhalter observerats som ett påtagligt problemområde (Bild 6). Det är uppenbart att problemet kvarstår trots vissa insatser. Anställda upplever problematiken som mest påtagligt under torra sommar- och vinterdagar.

Efter förstudie och analys har två inriktningar uppenbarats angående dammproblematiken. Delvis kan symptomen hanteras genom personligt skydd för operatörer, alternativt luftkvalitetssäkrade hytter och dylikt. Nästa ingång handlar snarare om att behandla problematikens uppkomst; var och varför utvecklas dammet, samt när och hur påverkas människor och maskiner inom tåkten? En lösning som på ett effektivt sätt hanterar problemet vid källan har sannolikt störst möjlighet till genomslag, eftersom det medför minimal negativ påverkan för operatören.



Bild 6: Stendamm

Det råder en överhängande risk för stendammslunga, så kallad silikos, bland personal som vistas i bergtåkten, särskilt i områden med höga halter kvarts i råvaran. Kvartsexponering agerar dessutom synergiskt i kombination med rökning som framkallande faktor för lungcancer. Under förstudien har observerats att rökning är frekvent förekommande bland personalen på krossarbetsplatsen. Dammet är ett problem som observerats sedan lång tid tillbaka och som har behandlats sporadiskt och med varierande utfall. Krafttagen har exempelvis inriktats på mätningar och rutiner men till viss del även på personliga skydd, vilka inte har fått något vidare genomslag.

Förutom den direkta hälsoaspekten kopplad till dammet har det även observerats hur spridningen av damm, direkt som dammoln och indirekt genom att det fastnar på vindrutor och dylikt, påverkar sikten i området. Detta kan framförallt ge upphov till trafikrisker. Andra observerade problem angående dammet gäller halkrisk, potentiella risker som döljs under dammlager samt negativ påverkan på känsliga maskinkomponenter.

För att reducera dammutveckling används i vissa tåkter bevattningssystem på ett antal mer eller mindre strategiskt utplacerade positioner längs linan. Problematiken med bevattning är att materialet klumpar ihop och då sätter igen siktsystemen. Nästa problem uppstår vid köldgrader, då bevattningsmöjligheterna är begränsade. Dessutom påverkar bevattning kvalitén på produkten, som skall levereras med vissa krav på fuktighetshalt. Bevattning av materialet medför följaktligen även konsumtion av vatten och således en ytterligare utgift. Observationerna har kunnat påvisa att utvecklingen av damm är särskilt påtaglig kring siktarna och där material faller från transportörernas utkastare ner i lagringshögar.

Det råder ett utbrett motstånd mot personliga andningsskydd bland de anställda. Enligt utsagor från några operatörer så finns andningsskydd att tillgå, men används inte eftersom de är klumpiga, varma och inte går att använda med skägg. Vid kraftig dammutveckling så går de befintliga andningsmaskerna endast använda under korta perioder innan filtret täpps igen. Dessutom har förstudien visat att befintlig utrustning, anpassad för branschen är relativt dyr i inköp och drift.

Fallrisk

Risk för olycka genom fall är en av de vanligast förekommande riskerna på krossarbetsplatsen, enligt studerad tillbuds- och olycksfallsstatistik. Fallrisken medför en stor variation av olyckor, spridda över hela skalan från olyckor med lägsta allvarlighetsgrad till olyckor som förorsakat dödsfall.

Det främsta problemet tycks ligga i anpassningen till de varierande omständigheter som råder på krossarbetsplatsen. Med stöd av en utförlig bakgrundsstudie så finns goda förutsättningar att i största möjliga mån anpassa en framtida lösning till den rådande kontext och de användare som faktiskt skall använda produkten.

Risksituationen är ständig och påtaglig; en stor del av arbetet på tåkten sker över en höjd som potentiellt kan orsaka kroppskada, vilket enligt arbetsmiljöverket innefattar allt arbete över två meters höjd (Bild 7). Fallrisken är särskilt påtaglig kring stora fordon och maskiner då dessa ofta kräver att operatören klättrar upp vid körning, alternativt vid service och underhåll.



Bild 7: Höghöjdsarbete i ogynnsamt väder

I dagsläget finns en bred produktkatalog med olika sorters fallskydd och hjälpmedel anpassade för alla typer av arbete på hög höjd, det har dock observerats under studien att sådan utrustning inte nyttjas i någon större utsträckning. Anledningen till detta faktum bör undersökas närmare, men det är rimligt att anta att det beror på bristfällig utformning av befintliga produkter, användarnas inställning till utrustningen eller en kombination av dessa. Brukarna vittnar om att det många gånger kan vara svårt att motivera användning, eftersom den befintliga säkerhetsutrustningen är krånglig, det kan vara svårt att hitta fästpunkter och det är generellt mycket tidskrävande.

Transportörer

Transportörer (Bild 8) nämns ofta som ett stort problemområde, där stor risk för allvarlig personskada föreligger. Denna bild bekräftas av både förmän och operatörer. Det är i huvudsak vid service eller åtgärder i samband med haveri som farorna uppstår, då tekniker och operatörer interagerar med maskinen. Transportörer finns på de flesta täkter (fler än 50 stycken vid stora täkter) och arbete kring dessa utgör en stor andel av operatörens dagliga uppgifter. Transportörerna är därtill mycket långa, upp till ett par kilometer sammanlagd längd vid en större täkt, vilket medför en stor mängd riskzoner.



Bild 8: *Transportörer*

Transportören rör sig i låg hastighet, vissa nästintill ljudlöst, och verkar därmed harmlösa. Detta kan bidra till en viss oaktsam hållning gentemot transportörerna. En oförsiktig handling när transportören är i rörelse kan snabbt få svåra konsekvenser till följd av den stora kraft som motorerna genererar.

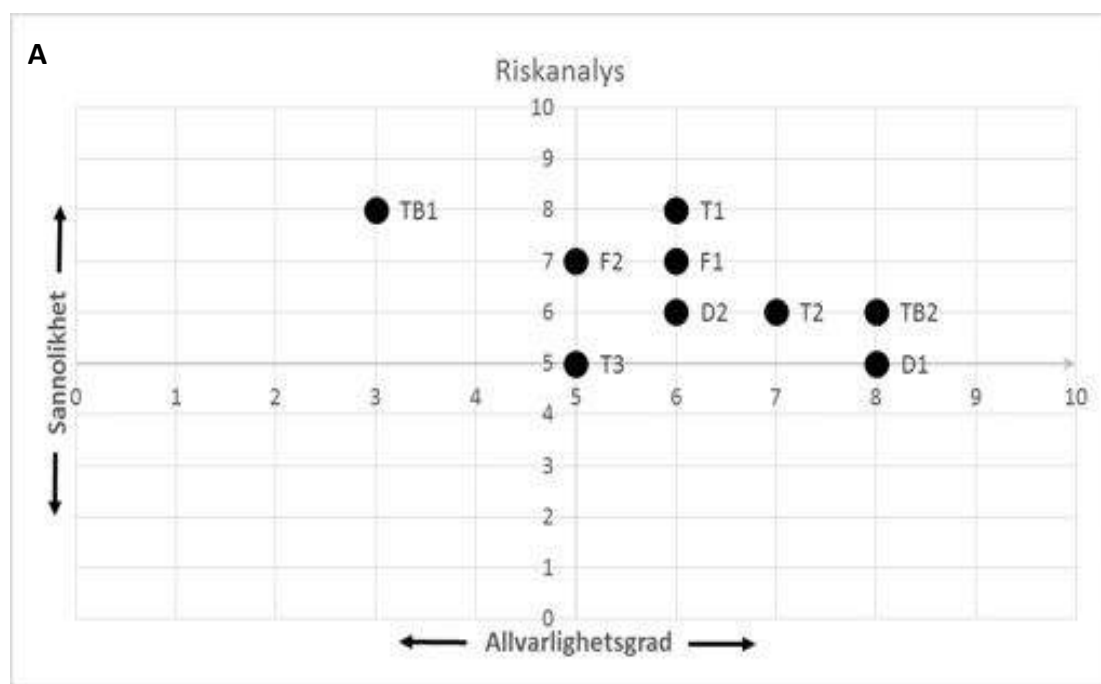
En stor bredd av problem omgärdar transportörerna. Generellt råder ergonomiskt undermåliga förhållanden vid service och reparation, problem med kommunikation, risker kopplade till hög höjd samt övergripande risker så som buller, damm och vibrationer. Ett tillbud där transportör startats trots att en operatör haft en arm mellan mattans övre och undre del har observerats under studien. Brister i kommunikation och rutiner för underhåll antas ligga bakom denna incident.

Framför allt är det transportörens rörliga delar som ger upphov till de flesta och de mest allvarliga tillbudena och olyckorna vid arbete kring transportören. Klämmer sig eller fastnar operatören i de rörliga delarna skadas denne, eller i värsta fall dras med in i maskinen, med fatala konsekvenser som följd. De maskinskydd som används idag är av varierande kvalitet eftersom de ofta är otympliga och svåra att avlägsna.

Olycksstatistiken är sällan tillräckligt specifik för att fastställa en direkt koppling mellan en incident och transportören, således är det primärt muntliga beskrivningar och observationer som ligger till grund för riskutvärdering inom området.

5.3.4 Riskanalys

Utdrag från den uppdaterade riskanalysen presenteras nedan i Figur 7 och beskriver, för de fyra problemområdena, allvarlighetsgraden av eventuell olycka samt den förväntade sannolikhetsnivån för att olyckan uppstår. Resultatet presenteras i sin helhet i bilaga 4.



B

	Orsak	Konsekvens	Namn	Allvarlighetsgrad	Sannolikhet	Totalt
Trafik	Dålig uppmärksamhet	Krock	T1	6	8	15
	Dålig sikt från förarhytt	Krock	T2	7	6	15
	Dåligt utformat trafiksystem	Krock	T3	5	5	10
Transportör	Klämskada vid service	Personskada	TB1	3	8	10
	Fastnar med kroppsdel	Grav personskada	TB2	8	6	14
Damm	Inandning av stendamm	Lungsjukdom	D1	8	5	15
	Dålig sikt	Olycksfall	D2	6	6	13
Fallrisk	Halka/smuts	Personskada	F1	6	7	13
	Dåliga fallskydd	Personskada	F2	5	7	12

Figur 7: A. Riskanalys utförd på problemområden; Trafik, transportör, damm samt fallrisk. **B.** Riskanalysdiagram

Riskkategorier som återfinns i den första kvadranten i Figur 7A medför allvarliga konsekvenser i kombination med en förhöjd sannolikhet för att inträffa, relativt övriga områden. Kombinationen av hög sannolikhet och allvarliga konsekvenser gör dessa områden till de mest påtagliga riskområdena. Till dessa hör inhalering av stendamm(D1) och risker kopplade till trafiksituationen(T2). Risker kopplad till transportörer(TB1,2) kan medföra varierande allvarlighetsgrad från mindre allvarliga klämskador till något mindre sannolika, men betydligt allvarligare konsekvenser som enligt rapporterade fall kan medföra förlust av kroppsdel: fingrar, hand eller hel arm (Figur 7B). Risksituationen kring inhalation av damm är svår att bedöma eftersom många övriga aspekter bidrar katalyserande vid utveckling av exempelvis stendammslunga eller KOL.

6.3.4 Problemområdesval 1

Inför det slutliga valet av problemområde utvärderas de fyra områdena sinsemellan efter fastställda utvärderingskriterier. I följande stycke återges en sammanfattning av hur de aspekter som övervägts påverkat problemområdesvalet.

Förbättringspotential

Klassisk riskanalys utgör bakgrunden för riskbedömningen och således till stor del förbättringspotentialen hos de olika problemområdena. Förbättringspotentialen viktas som ett av de viktigaste kriterierna vid valet av område för vidare studier.

Vid analys av olycks-, tillbud- och riskobservationsstatistik för bergkrossanläggningar, samt med stöd av riskanalysen, har det framgått att trafiksituationen är ett område som är omgärdat av risker av hög sannolikhetsgrad, men som framför allt kan innebära mycket svåra konsekvenser. Förbättringar inom trafiksituationen på tåkten anses, trots de pågående åtgärder som i nuläget vidtas, vara goda. Förstudien i kombination med det statistiska underlaget antyder att omfattande olycksrisker kvarstår.

Riskanalysen påvisar stora kvarvarande risker kopplade till den dammiga miljön. Branschans ställda men framför allt före detta anställda (som följd av lång inkubationstid) drabbas av dammrelaterade sjukdomstillstånd årligen. Förbättringar med avseende på dammproblematiken är både möjliga och välbehövliga. Potentialen ligger framförallt i lösningar som reducerar uppkomst av damm, snarare än personligt skydd.

Även för fallriskproblematiken finns fortfarande mycket att göra. En produkt tillsammans med säkerhetsförordningar och informationsinsatser medger goda

förutsättningar för en reducerad olycksfrekvens och att i förlängningen helt och hållet undvika allvarliga olyckor kopplade till fallrisk vid arbete på täkterna.

Den riskanalys som gjorts påvisar allvarliga risker vid arbete kring transportörer, dessa kan främst kopplas till faran med att fastna i rörliga delar. Stor förbättringspotential, genom en systemanpassad säkerhetsprodukt, finns i en framtida lösning.

Generaliserbarhet

Det är rimligt att anta att riskerna kring trafiksituationen är påtaglig på *samtliga* täkter; en potentiell lösning kommer sannolikt kunna vara generell och därmed applicerbar på flertalet anläggningar. Likaså gäller för damm- och fallriskproblematiken. När det gäller transportörer råder däremot andra omständigheter. Generaliserbarheten för området kompliceras av att många av transportörerna är av olika fabrikat och även skiljer sig åt avsevärt i ålder då många fasta anläggningar har varit i drift i upp mot 60 år.

Produktifierbarhet

Sannolikheten att kunna lösa problemen med en faktisk produkt anses vara mycket god för samtliga områden. Dock är inte en produktlösning det enda alternativet inom alla områden. En potentiell lösning för att lösa trafikproblematiken skulle till exempel kunna vara en omläggning av trafiksystemet i tekten.

Inom problemområdet transportör kan en potentiell lösning likväl vara indirekt säkerhetsmotverkande. Detta skulle kunna ta sig uttryck i en proaktiv lösning som förhindrar ansamling av material och dylikt och därigenom helt utesluter risksituationen som uppstår vid maskinstopp, service och underhåll.

För de fyra områden ligger inte problematiken i produktifierbarheten, utan vid brukares inställning till produkten. Det är av yttersta vikt att produkten accepteras av brukarna och fungerar i den tilltänkta arbetssituationen, vilket i förlängningen leder till att produkten faktiskt används. Detta är en förutsättning för att den potentiella produkten överhuvudtaget skall kunna anses användbar.

Befintliga lösningar

Befintliga produkter konkurrerar med en potentiell lösning inom alla områden. En välutvecklad produktkatalog av både personliga andningsskydd och fallskyddsutrustning finns tillgänglig och konkurrens från befintliga lösningar är således mest påtaglig för dessa områden. Som tidigare nämnt råder en generell skepsis mot sådana lösningar, sannolikt på grund av dåliga erfarenheter av tidigare produkter. Detta faktum kan eventuellt påverka brukarnas inställning negativt även

till implementering av utvecklad och förbättrad version av andningskydd och fallskydd. Generella, befintliga lösningar för trafikproblematik existerar på många ställen redan i dagsläget, men en anpassning till den faktiska arbetsmiljön bergtäkt har i dagsläget ännu inte konkretiserats. Grundläggande behovsstudie inom trafikområdet bör utföras, exempelvis tillsammans med fordonsindustrin.

När det gäller transportörer finns det en uppsjö av olika ingreppsskydd, nödstoppssystem och dylikt. När det gäller maskinskydd så är de flesta av dessa individuellt anpassade efter varje enskild transportör. Fokus för befintliga skydd har av observationsstudien att döma enbart inriktats mot det primära syftet: att *skydda brukaren* och till viss del även *möjliggöra borttagning*. Anpassningar efter den faktiska brukaren, kontexten och dess stora bredd av varierande omständigheter har dock underlåtit. Det har observerats att ingreppsskydden inte heller alltid skyddar de faktiska riskområdena.

Slutsats

Efter utvärdering av problemen enligt tabell 2 mot relevanta urvalsfaktorer återstår det problemområde med bäst potential för vidare undersökning. Utfallet av det viktade resultatet underströk potentialen hos samtliga fyra områden, då de i princip var oskiljaktiga efter att ha samlat sina poäng inom skilda kategorier.

Efter intern jämförelse enligt tabell 2 och i samråd med SBMI beslutades att transportörerna skulle bli föremål för fortsatta studier. Möjligheten att omsätta en säkerhetslösning i en produkt, i kombination med den stora förbättringspotential som föreligger det aktuella problemområdet var avgörande faktorer för valet. Den stora utmaningen vid utveckling av en säkerhetsprodukt för transportörer är anpassning till den stora grad av varierande förhållanden kring dessa. Aspekter att beakta redogörs för under nästkommande avsnitt.

Tabell 2: Utvärdering med hänsyn till urvalskriterier

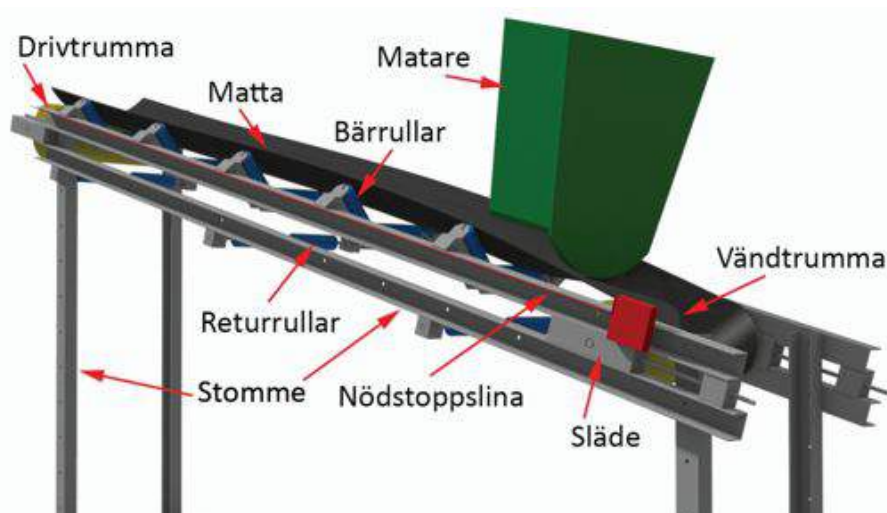
Problemområde	Förbättringspotential	Produktifierbarhet	Generaliserbarhet	Inspirerande	Befintliga lösningar	Summa	Summa viktning
Trafik	5	4	4	3,75	2	18,75	15,9
Damm	5	4	5	2	2	18	16
Transportörer	4	4	3	3	5	19	15,4
Fallrisk	5	3	4	2,5	3	17,5	15
Inbördes viktning	6	5	4	2	3		

6.4 Systembild - Transportör

Transportören identifierades under det första problemområdesvalet som ett riskområde lämpligt för fortsatta studier. I följande avsnitt sker en fördjupad beskrivning av det specifika systemet och de problem som kan kopplas till transportörer.

6.4.1 Transportörens detaljerade uppbyggnad

För att ytterligare förstå problembilden kring transportörerna och komplettera transportörbeskrivningen under *systemspezifisk teori* krävs en fördjupad studie, vilken redogör för maskinens konstruktion på ett mer ingående plan (Figur 8). Resultatet av denna fördjupning, med för projektet relevant fakta, presenteras under detta kapitel.



Figur 8: Översiktlig beskrivning av transportör

För att gummimattan skall vara stabil och behålla materialet under transporten stabiliseras denna med så kallade bärrullar. Dessa sitter vanligen i par om tre med cirka en meters mellanrum under gummimattan och bidrar både till avlastning och med sin placering till skålföring av mattan, vilket gör materialet mer benäget att stanna kvar på mattan under transport.

Transportörens drivning sker vanligen i den högsta punkten, alltså vid den punkt i systemet där materialet lastas av. Drivningen verkar endast på den så kallade drivtrumman, vanligen genom en elektrisk motor via remdrift eller vinkelväxel. Drivtrumman har ofta ett mönstrat ytterlager för att få erforderligt grepp mot mattan.

Längst ner på transportören sitter retur- eller vändtrumman som den även kallas. Vändtrumman har ingen egen drivning, utan drivs endast av friktion mellan band och trumma. Genom justering av vändtrummans vinkel och position förändras bandets spänning och huruvida bandet går rakt eller inte. Justeringen sker genom lägesförändring av den så kallade släden som vändtrumman är fäst vid. Se Figur 8.

Materialet som ankommer till transportören från andra band, krossar eller siktar går genom en så kallad matare för att lastas på mattan. Mataren sitter vid bandets nedre ände, vanligtvis en eller ett par meter längre upp än vändtrumman.

6.4.2 Säkerhet

Alla observerade transportörer har varit utrustade med nödstopp, i de flesta fall även kopplat till en förspänd lina utmed en eller båda sidorna av transportören. Skulle linan spännas ytterligare eller gå av skall nödstoppet lösa ut och transportören stanna. Momentet i maskinen och det material som ligger på bandet gör dock att stoppet inte sker momentant, utan mattan kan rulla ytterligare en halvmeter till en meter innan det stannar helt. För att skydda maskineriet är transportörerna generellt utrustade med så kallade hastighetsvakter. Hastighetsvakten är utrustad med en sensor som känner av en ökad belastning och, om så är fallet, bryter strömmen till maskinen för att förhindra att maskinell skada ej uppstår eller, om omöjligt, förhindra att skada förvärras.

Vissa transportörer är försedda med åtkomstskydd kring delar och komponenter som anses farliga. Dessa skydd är på nyare transportörer installerade från fabrik och på äldre transportörer ofta platsbyggda vid ett senare tillfälle. Åtskilliga observerade transportörer saknar dock skydd överhuvudtaget; antingen har de aldrig funnits några eller så är de bortmonterade och ej återmonterade.

6.4.3 Dimensioner

Observerade transportörer har varit av vitt skilda dimensioner, från mindre maskiner med några meter transportsträcka till mycket stora maskiner som kan transportera material flera hundra meter. Mattans, och därmed vänd- och drivtrummans bredd skiljer sig också och varierar mellan 650 mm och 1100 mm på de besökta anläggningarna. Vänd- och drivtrummornas diameter ligger vanligen mellan 300 och 600 mm.

Transportörer är enkelt uppbyggda, ofta i stryktåligt material och i grova dimensioner, detta för att de måste klara den tunga miljön i täkterna.

6.5 Problemidentifiering, Transportör

Efter sammanställning av intervjudata kunde de tre allvarligaste riskerna för operatören identifieras som fallrisken, risken att fastna i de rörliga delarna samt skaderiskerna som uppkommer vid byte av komponenter. (bilaga 5) För dessa redogörs ytterligare under följande avsnitt.

6.5.1 Fallrisk

Den övergripande fallrisk som kunde observeras i förstudien bekräftades av de intervjuade operatörerna som ett stort problem kring transportörer. Arbetet kring transportören sker ofta längs bandet när olika komponenter skall bytas. Beroende på bandets placering och uppbyggnad befinner sig då operatören på en höjdnivå över marken som kan variera från någon meter upp till mer än 20 meter. Detta innebär att de fallolyckor som kan ske vid arbetet har risk att bli mycket allvarliga. I och med att service kring transportörer är något som utförs på daglig basis är även detta ett vanligt förekommande problem.

Eftersom en transportör ofta är uppbyggd med endast en landgång på en sida av bandet kan detta leda till att operatören behöver klättra upp på bandet för att komma åt vid underhåll. Detta kan till exempel vara fallet under vintern, om det ligger snö på bandet. Intervjuperson två berättar:

”då måste man ju skotta bort det... och är transportören och landgången för hög skillnad då blir det att man går uppe på transportören.” (IP2)

En av anledningarna till att fallrisken är ett problemområde idag är att det inte finns tillräckligt med fästpunkter för de fallskydd som finns på tåkterna idag. Detta belyses av en operatör, intervjuperson två återigen:

”visst att du kan ha ett fallskydd men du har ju ingenstans att fästa det. Utan det är ju fortfarande i fothöjd du fäster bandet... så det är ju inte optimalt!” (IP2)

6.5.2 Skaderisk vid byte av komponenter

Byte av transportbandets komponenter, så som bärrullar, vändtrummor och drivtrummor, sker frekvent och kontinuerligt på tåkterna. Framför allt sker underhåll på transportörerna under planerade driftstopp och reparationsskift, men kan även ske akut om haveri eller allvarliga problem uppkommer. Även om transportörerna står still vid byte av de flesta komponenter kan flera risker identifieras. Dessa uppstår främst på grund av transportörens uppbyggnad eftersom det ofta är dåligt med utrymme för operatören att röra sig på, samt att komponenterna skall passas in i trånga utrymmen. Vid dessa tillfällen brukar riskerna dock inte leda till allvarligare skador, som intervjuperson tre uttrycker sig:

”Ja det är ju när du byter rullar och såna saker att du inte får in dom och du slinter och du kanske slår dig på nånting. De allra flesta är ju inga så allvarliga olyckor så att du får blodutgjutelse men men...” (IP3)

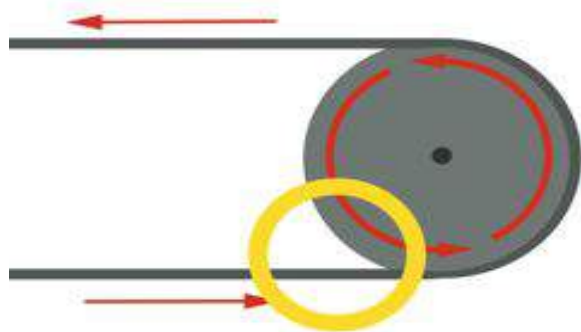
Skaderiskerna som uppstår för operatören vid byte av komponent kan även vara grundade i ergonomiska faktorer. Flera operatörer har uttryckt sig om att det ofta saknas tillräckligt lättanvända och tidseffektiva verktyg eller hjälpmedel för att byta tunga komponenter, något som understryks av intervjuperson sex:

”Ibland så försöker man lösa det på ett snabbt och enkelt sätt och då blir det ju tungt att lyfta ner grejerna. Om man inte har rätt grej.” (IP6)

Genom manuellt lyft av tunga komponenter ökar även risken för fall- och klämskador.

6.5.3 Fastna i rörliga delar

För att kunna utföra vissa servicemoment och viss besiktning av en transportör krävs att maskinen är igång. Detta innebär även en stor andel moment där operatören riskerar att fastna eller klämma sig mellan olika komponenter. Resultatet av att fastna i en rörlig del kan vara allt från några blåmärken till att bli av med en hel arm. Skadenivån vid en olycka varierar beroende på i vilken av klämzonerna som operatören fastnar i. Risken för en allvarligare olycka är betydligt större vid vänd och drivtrummorna än vid bärrullarna, dock är risken att klämma sig vid bärrullarna betydligt mer frekvent. Särskilt stor risk för objekt att fastna råder där vändtrumman möter mattan, se figur 9. Riskerna för att fastna i en rörlig del kan delas upp i tre kategorier beroende på i vilka situationer de uppstår.



Figur 9: Särskilt riskfylld Klämzon inom gul cirkel

Ingrepp som kräver drift av transportör

Riskerna i denna kategori uppstår när operatören utför underhåll på transportören som kräver att transportören är igång. Två vanliga ingrepp som kräver att maskinen är igång är när mattan skall justeras, samt när greppspray skall adderas på drivtrumman under vintersäsongen. För att lösa problemet med att en matta har gått snett eller slirat av vändtrumman krävs manuell justering av släden för att ändra trummans vinkel och spänning och på så sätt spåra bandet rakt igen. Den manuella justeringen utförs i samband med att transportören är avstängd, men för att mattan skall spåra på igen krävs att maskinen sätts igång och körs några meter, det är vid detta moment som den största risken för att fastna uppstår.

För att få ökat grepp på vintern och för att förebygga att mattan slirar av trumman behövs ofta en greppspray adderas på drivtrumman för att öka friktionen. Denna spray adderas för hand av operatören mellan trumma och band. Risken vid detta moment beskrivs väl av intervjuperson fyra:

”Och där är något som är jättefarligt egentligen, för då sprayar man med remsprej och grejer in emellan på drivtrummor för att få det å fastna. Som man inte ska göra, men det gör man ändå.” (IP4)

Ingrepp genom överträdelser

Att riskera att en olycka inträffar genom att göra en säkerhetsöverträdelse innebär att operatören utför ett ingrepp utan att stänga av transportören, trots att ingreppet lika väl kan utföras på en avstängd maskin.

En situation som ofta leder till en överträdelse är om en av bandets bärrullar har kilat fast eller stannat. För att undvika att rullen nöts ner av mattan krävs att rullen knackas till, vilket är något som lätt utförs när transportören är igång, men som även innebär en risk för att klämma sig i de rörliga delarna. Detta bekräftas av intervjuperson åtta:

”Du går dit å inte tänkt gå dit å så gör du det ändå, det blir ju så va. En rulle som du ser stå still eller nåt, å så klappar du ju till den å då är det ju jävligt lätt det händer nåt.” (IP8)

Överträdelser som innebär att en operatör knackar till en bärrulle är dock inte något som anses vara orsak till de allvarligaste skadorna. Intervjuperson två stärker detta:

”En bärrulle, då halkar du bara över i princip, du kan inte fastna.” (IP2)

De rörliga delar som medför allvarligast konsekvenser om en operatör fastnar är vänd- och drivtrummorna. Kraften mellan trumma och matta gör att objekt som fastnar i klämzonerna dras med runt, utan någon möjlighet att frigöras. Orsaken till de allvarligaste olyckorna kring vänd- och drivtrummor är oftast att operatören begår en säkerhetsöverträdelse och gör ett ingrepp på maskinen under drift. Detta beskrivs bland annat av intervjuperson sju nedan:

”Han skulle skrapa av tumlarn (vändtrumman) från stenmjöl som hade frusit, å han skulle svarva bort med kobenet. Å så fastnade han med handen i kobenet, och fastnade med armen i på nåt sätt då. Det går jävligt fort!” (IP7)

Konsekvensen av den beskrivna olyckan var att operatörens arm blev indragen och avsliten. De allvarligare olyckorna har fått operatörerna att bli mer säkerhetsbenägna, men det råder fortfarande en konsensus bland de intervjuade om att risken för överträdelser kvarstår då det oftast är den snabbaste lösningen på ett problem. Intervjuperson fyra uttrycker sig som följer:

”Det är ju väldigt lätt när man bara ska ta bort en liten sten som ligger där. Istället för att ringa eller, man måste ju ta kontakt med han som kör allting, och det blir ju för mycket jobb när man tycker att man bara kan peta till den. Men man ska inte göra så.”(IP4)

Faktorer som påverkar ytterligare

Risken att fastna i de rörliga delarna beror inte endast på operatörernas fysiska handlingar utan påverkas även av yttre faktorer. De yttre faktorerna är även något som inte alltid kan kontrolleras av operatörerna, vilket skapar en otrygghetskänsla vid arbete kring de rörliga delarna. Detta kan exemplifieras med hjälp av följande citat från intervjuperson sex:

”Man får vara aktsam, fruktansvärt aktsam, du går ju väldigt nära och när den nyper runt en rulle... du får ju inte ha för stora kläder.” (IP6)

Det råder även en enad uppfattning bland operatörerna om att det kan uppstå kommunikationsbrister som bidrar till risk att fastna i de rörliga delarna. Detta beror ofta på att transportören sätts igång från ett kontrollrum som inte har någon fysisk översikt över maskinen. Detta riskerar att leda till missförstånd angående när det är säkert att starta upp transportören. Intervjuperson åtta exemplifierar detta med en verklig händelse:

"...och då var ju jag nere å återställde hela anläggningen va, alla dom banden och så drog jag ju igen det va. Och då hade ju den killen lyckats hoppa upp på bandet under tiden. Det såg ju inte jag där nerifrån va. Då fick dom ju också använda nödstoppet." (IP8)

Ett liknande problem kan även vara grundat i ett mjukvarufel i programmet som styr anläggningen. Intervjuperson sju berättar:

"Det har blivit fel i PLC, det är nån sån här uppkopplingsconnection som inte har funkad, å så helt plötsligt har saker startat av sig själva, och det är ju inte så jävla bra." (IP7)

6.5.4 Orsaker till ingrepp

Ur intervjuerna framgick att det oftast var vid ingrepp på transportörerna som skaderiskena för operatörerna uppstod. För att identifiera de bakomliggande problem som skapade behovet av att utföra underhåll och ingrepp på transportörer användes så kallade fiskbensdiagram och 5-why-diagram. (bilaga 6 och 7)

Det kunde konstateras att de kontextuella faktorerna spelar stor roll i huruvida service krävs kring transportörerna. Den smutsiga och dammiga miljön i samband med de olika väderförhållandena kan skapa problem med såväl bärrullarnas kapacitet att löpa fritt, om vänd-och drivtrummans friktion mot mattan. Även vid varmt väder kan problem uppstå genom att mattan värms ojämnt och expanderar till den grad att mattan går snett och slirar av vändtrumman.

En annan vanlig orsak till att operatörer tvingas utföra underhåll, som ofta leder till säkerhetsöverträdelser, är att material har fastnat mellan matta och vändtrumma. Detta kan ske genom att material direkt studsar ner från bandet och fastnar, eller genom att material ansamlas under en längre tid kring transportören till den nivån att ansamlingen når upp till bandet (Bild 9). Då spill av material kring övergångar mellan band, siktar och krossar är vanligt förekommande kan en sådan materialansamling skapas på kort tid.



Bild 9: Ansamling av material kring vändtrumma

Slitage på komponenter är även en faktor som påverkar hur ofta service eller ingrepp krävs. Slitage kan resultera i att bärrullar stannar och behöver bytas ut, smörjas eller

knackas till för att börja rulla igen. Det kan även resultera i att friktionen mellan matta och trumma minskar, vilket kan orsaka urspårning.

6.5.5 Befintliga lösningar

Säkerhetsmedvetenheten på täkterna har ökat de senaste åren och nya lösningar har tagits fram för att minska skaderisken för operatörer. Trots framsteg är dagens lösningar ofta bristfälliga och inte anpassade för varken kontext eller brukare, särskilt vad gäller olika typer av maskinskydd. Det råder konsensus bland operatörerna om att många av skydden är för tunga, otympliga samt tar för lång tid att ta bort och sätta dit igen. Detta bestyrks av intervjuperson sex:

”Vi ska ju inte lägga en halv dag på att ta av ett skydd för att kunna byta en grej på 5 minuter.” (IP6)

Denna aspekt bidrar till att skydd ibland inte sätts tillbaka direkt efter ett servicepass, alternativt att skyddet sågas sönder för åtkomst (Bild 10) eller att det inte används alls. För att förebygga risker till följd av kommunikationsbrister har flera täkter infört säkerhetsbrytare på transportörerna, där varje operatör fäster ett individuellt lås före ingrepp. Detta omöjliggör start av maskin tills dess att alla lås är borttagna. Trots att denna lösning minskar risken för olyckor grundade i kommunikationsfel och mjukvarufel kvarstår risken vid till exempel justering av matta, där service utförs medan bandet är igång. Lösningen bygger även på att operatören verkligen använder säkerhetsbrytaren vid ingrepp kring transportören. Att detta, trots regler på täkterna, inte alltid efterföljs har kunnat observeras under.



Bild 10: Bristfälligt maskinskydd

Metoden för att lösa de problem som tvingar fram ingrepp är idag till största delen reaktiv. Det finns dock några proaktiva produktlösningar, bland annat i form av skrapor för att rengöra mattan och förhindra att material fastnar i klämzoner. Dessa lösningar är ofta bristfälliga på grund av att de inte kan hantera den mängd material som passerar, samt att de kan bidra till andra problem, så som ansamling av material under transportören. Den viktigaste delen av det proaktiva arbetet är dock besiktning för att undvika problem relaterade till slitage av komponenter.

6.6 Val av problemområde

Med hjälp av olycksstatistik samt en orsaks-konsekvensmatris identifieras att den största risk inom transportörområdet är skaderisken vid de rörliga delarna på transportören, det vill säga driv- och vändtrumma, bär- och returrullar samt drivremmarna (bilaga 8). Särskilt stor är risken som uppstår i samband med närhet till vändtrumman. Detta område väljs således som detaljerat problemområde för produktframtagningen.

7. Genomförande – Produktframtagning

I och med att problemstudien övergick i produktframtagning (Figur 10). utvärderades den initiala planeringen och en ny planering arbetades fram (bilaga 9), för andra halvan av projektet. Den nya planeringen kunde utformas mer detaljerat till följd av den ökade förståelse som utvecklats.

7.1 Konceptframtagning 1

Med utgångspunkt i fiskbensdiagrammet för att fastna i de rörliga delarna formulerades tre distinkta lösningsinriktningar utifrån vilka problemet kunde angripas: omöjliggöra för operatören att komma nära vändtrumma i rörelse, medge säker interaktion med vändtrumma i rörelse samt en proaktiv lösning med vilken själva orsaken till interaktion med vändtrumma angrips.



Figur 10: Projektprocess; produktframtagning

Idégenerering i form av brainstorming genomfördes med syfte att presentera principiella lösningar för de olika inriktningarna för att på så sätt konkretisera potentialen hos de olika inriktningarna. De tre lösningsinriktningarna och principiella lösningsförslag presenterades först för ingenjörstudenter, vilka fick ställa frågor samt utveckla och diskutera objektiva förhållningsaspekter för de olika inriktningarna.

Företagsrepresentanter från de tre största bergmaterialleverantörerna i regionen, samt representant från Produkt och produktionsutvecklings forskningsgrupp (PPU) på Chalmers bjöds in för delredovisning och fokusgrupp. Fyra företagsrepresentanter från två olika företag deltog tillsammans med representant från PPU.

Efter en introduktion av identifierad problembild presenterades inriktningarna för fokusgruppen och diskussion följde. Med resultaten från fokusgruppen och vidare diskussion kring problematiken samt i samråd med uppdragsgivare valdes lösningsinriktningen: "omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse". Representanter från SBMI deltog ej vid delredovisningen och den efterföljande fokusgruppen men uppdaterades om den diskussion som förts och ställde sig därefter positiv till vald inriktning.

Produktframtagningsprocessen fortsatte sedan med att definiera förutsättningarna för konceptutvecklingen. En kravlista sammanställdes med de kontextuella och brukarrelaterade krav som identifierats under problemstudien och kompletterades även med övergripande transportörrelaterade krav. Kraven erhöll även inbördes viktning mellan 1 och 5 för att kunna angripa problematiken med konflikterande krav om det skulle bli aktuellt senare i processen.

I detta skede sammanställdes även en intressentanalys för att bena ut vilka intressenter som finns och hur de förhåller sig till en potentiell säkerhetsprodukt kring transportören, samt identifiera primär-, sekundär-, sid- och medanvändare.

För att skapa ett konkret mål med konceptframtagningen som är möjligt att förmedlas till uppdragivaren definierades ett effektmål som alla potentiella lösningar skall uppfylla.

Konceptgenereringen påbörjades genom att en *mind map* utarbetades med hjälp av idégenerering, för att åskådliggöra de olika lösningsförslagen. Utifrån denna kunde inriktningen "*ommöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse*" brytas ner till två angreppsvinklar för lösning av problemet; "*se till att vändtrumman inte är rörlig vid interaktion*" samt "*fysisk omöjliggöra kontakt med vändtrumma i rörelse*". Idégenerering i form av brainstorming, PVOS och katalogmetoden påbörjades utifrån de två angreppsvinklarna, för att ta fram koncept inom vald lösningsinriktning. Efter sällning kvarstod fyra olika självbärande koncept som alla ansågs uppfylla effektmålet, dock till olika hög grad.

De fyra koncepten utvärderades sedan mot varandra i en viktad jämförelsematrix. Jämförelsematrisen var en modifierad Pugh-matris. Modifikationen innebar att inget referensobjekt användes utan varje enskilt krav viktades gentemot varandra på en skala 1-5, varefter koncepten viktades mot varandra på en skala 1-4 med hänsyn till hur väl kraven uppfylls. Koncepten viktades även mot en kompletterad upplaga av de urvalskriterier som tidigare använts.

Med detta som underlag beslutades, efter ytterligare diskussion, att konceptet som innebär fysiskt skydd kring vändtrumman bäst tillfredsställer effektmålet. Bra dellösningar från övriga koncept som ej stod i konflikt med vald lösning införlivades i slutkonceptet.

7.2 Konceptframtagning 2

Efter val av koncept för vidareutveckling utfördes kompletterade datainsamling genom återbesök på en av täkterna. Fokus var att dokumentera vändtrummor och miljön kring dessa. Relevanta mätningar som bredd, höjd och utrymme kring trumman samlades in och tabellfördes. Dessa omvandlades sedan till krav, för att nå en generell lösning som passar olika transportörer. Kravlistan kompletterades med produktrelaterade krav grundade i rådande lagar och standarder för liknande skydd.

En modifierad expression board där bilderna kompletteras med ord, togs fram. Denna syftar till att förmedla produktens framtida uttryck och egenskaper samt verka som inspiration vid idégenerering. Vid idégenereringen användes även principer hämtade från *biomimicry*. Som idésporrar för att inkorporera biomimicryaspekter i idégenereringen användes två webbsidor: *asknature* och *biomimicry 3.8*. Där kunde inspiration erhållas genom beskrivningar av hur naturen löser problem.

Funktioner som produkten skall uppfylla identifierades med bakgrund av den tidigare problemstudien samt de intervjuer och observationer som utförts. Funktionerna bröts ner i delfunktioner, för vilka en idégenerering kring lösningsförslag utfördes. För att utforska möjligheten att använda en plast som material i produkten konsulterades Antal Boldizar, professor i polymeriska material och föreläsare på Chalmers tekniska högskola.

Lösningsförslag för de olika delfunktionerna utvärderades och lösningar som kompletterade varandra och samtidigt tillfredsställde definierade förutsättningar valdes och låg tillsammans till grund för det slutgiltiga sammansatta konceptet.

7.3 Konkretisering slutkoncept

Konkretisering av konceptet genomfördes genom *virtual prototyping* med CAD. Konstruktion, utformning och hopsättning av lösningsprinciper skapade en enhet för visuell, dimensionell och enklare mekanisk utvärdering. Det slutgiltiga konceptet namngavs som ett steg i att förmedla och understryka helheten som åstadkommits efter fusion av flera olika delkoncept, principer och lösningar.

8. Resultat och analys - Produktframtagning

8.1 Förutsättningar - konceptframtagning 1

Detta kapitel behandlar de övergripande förutsättningar som kunde definieras i samband med att konceptframtagning 1 inleds.

8.1.1 Lösningssinriktning

Den inledande fasen i idégenereringen utgick från tre lösningssinriktningar:

“omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse”, “möjliggöra säker interaktion med vändtrumma i rörelse” samt *“minska behov av närhet till vändtrumma”*. Nedan följer en sammanfattning och analys av de tre inriktningarna.

Omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse

Denna lösningssinriktning lägger vikten på att förhindra operatören från att komma i närheten av transportörens vändtrumma. Detta kan ske genom att fysisk hindra operatören från att komma nära, vilket kan ske med hjälp av någon form av fysisk barriär som omsluter transportören. Operatören kan även hindras från att komma nära vändtrumman genom en teknisk lösning som stannar de rörliga delarna då operatören närmar sig.

Denna inriktning kan minimera olycksrisken för operatören och även fungera för utomstående. Dock kan en sådan lösning tendera att inkräkta på och försvåra, fördröja eller omöjliggöra ingrepp. Något som måste hanteras om en sådan lösningssinriktning väljs.

Möjliggöra säker interaktion med vändtrumma i rörelse

Inriktning ges operatören möjlighet att interagera med transportörens vändtrumma utan att detta, vid olycka, skall leda till allvarliga konsekvenser. Denna effekt kan erbjudas exempelvis genom en typ av verktyg som, när det fastnar i en rörlig del, inte bidrar till att operatören följer med. Om friktionen minskar mellan matta och vändtrumma kan exempelvis allvarlighetsgraden vid eventuell olycka minimeras. En lösning kan med andra ord innebära integrerad eller påbyggd produkt på transportören, alternativt någon form av redskap som underlättar interaktion med transportören.

Positiva aspekterna för denna inriktning är att det minskar allvarlighetsgraden vid incident. Negativa aspekter kan vara att en potentiell produkt kan förstärka felaktigt beteende, det vill säga att interagera med transportör när den är igång, samt öka risken hos operatören.

Minska behov av närhet till vändtrumma

Lösningssinriktningen fokuserar på en proaktiv lösning som har för avsikt att förhindra att problem uppstår. I studien har det identifierats att riskfyllda situationer kan uppstå då service och underhåll av transportörer skall utföras. Genom att förhindra att problem uppstår så minskar antalet servicetillfällen och därmed antalet potentiellt riskfyllda situationer.

Ett återkommande problem vid transportörerna är material som ansamlas vid vändtrumman eller mellan vändtrumma och matta, detta kräver vanligtvis någon form av ingrepp. En proaktiv lösning kan förhindra material från att ansamlas, exempelvis genom en produkt som på ett visst avstånd från vändtrumman avlägsnar materialet.

Fördelar med en proaktiv lösning är det faktum att färre servicetillfällen uppstår ökar produktionstakten, vilket i sin tur kan öka acceptansen för en sådan produktlösning hos användaren och företaget. Nackdelen med lösningssinriktningen är att den inte är fullkomlig; när något trots allt går fel och ingrepp krävs så kvarstår risken.

Val av lösningssinriktning

Efter diskussion med fokusgrupp beslutades att gå vidare med inriktningen *"omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse"*, men med möjligheten att införliva idéer från de övriga inriktningarna. Inriktningen anses medföra störst potential för att reducera risken kring operatören, samt störst potential med avseende på produktifierbarhet.

En stor fördel med vald lösningssinriktning är att den adresserar problematiken med att operatörerna känner en otrygghetskänsla vid arbete kring vändtrumma. Genom att ommöjliggöra närheten till vändtrumman förhindras olyckor orsakade av till exempel systemfel eller att operatören av misstag fastnar. Det främsta motivet till valet av *"omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse"* är att en potentiell produktlösning, på ett förhållandevis enkelt sätt kan lösa problemet med skaderisken.

Den proaktiva lösningssinriktningen innebär minskad skaderisk på grund av minskat behov av service. I förstudien identifierades dock att de flesta problem som kräver ingrepp har flera olika orsaker och att förebygga dessa problem med en enskild produkt anses inte realiserbart.

8.1.2 Kravbild

Brukar- och kontextbeskrivningen från problemstudien ligger till grund för den övergripande kravbild som utgör ramverket för konceptframtagning 1. Kravbilden kompletteras med detaljerade krav för det detaljerade problemområdet transportör.

De transportörrelaterade kraven benämns *processrelaterade* krav och inkluderar krav som ställs på en produkt för att ej försvåra processen eller negativt påverka produktionstakten.

Tabell 3: Kravlista

1.	Kontextuella krav. En produkt skall:	Viktning
1.1	<i>Tåla svensk klimat:</i>	4
1.1.1	Nederbörd	
1.1.2	Vind	
1.1.3	Kyla	
1.2	<i>Tåla täktmiljö:</i>	4
1.2.1	Damm	
1.2.2	Vibrationer	
1.2.3	Oöm behandling	
1.2.4	Olja och lösningsmedel	
2.	Användarkrav. En produkt skall:	
2.1	Medge hantering av en operatör	4
2.2	Medge ergonomisk hantering	4
2.3	Uppfylla riktlinjer för god <i>usability</i>	3
3.	Processrelaterade krav. En produkt skall:	
3.1	Medge bestämning av systemets status	3
3.2	Medge justering av matta under gång	3
3.3	Medge byte av bär- och returrullar	3
3.4	Medge byte av vändtrumma	4
3.5	Medge byte av matta	2
3.6	Medge smörjning av komponenter	2
3.7	Medge avlägsning av ansamlat material	5
3.8	Ej bidra till nya problem	4
3.9	Ej bidra till uppbyggnad av material	4
3.10	Ej påverka produktionstakten negativt	4
3.11	Ej orsaka omotiverat lång tid att förbereda transportör för service	3

8.1.3 Intressentanalys

Inom projektramarna finns ett antal aktörer som av varierande grad påverkar eller påverkas av transportörerna, vilka måste tas i beaktning vid utveckling av en säkerhetsprodukt för bergmaterialindustrin. Benämningar, arbetsuppgifter och ansvarsfördelning för de olika yrkesrollerna kan variera mellan olika företag och täkter. En generaliserad bild av de intressenter och förhållande som har inflytande över utformningen av en säkerhetsprodukt kring transportörer presenteras i sin helhet Bilaga10.

Operatören med arbetsområde kring transportörer är den primära användaren som en produkt i första hand kommer att anpassas efter. Denne kan vara anställd av täktföretaget, men även av externa bemanningsföretag. Då en potentiell produkt syftar till att öka säkerheten vid arbete kring transportörer är det främst vid dessa tillfällen som primäranvändaren interagerar med produkten. Eftersom de interna operatörerna inom en täkt inte bara utför service på transportörerna, utan även på dess kringutrustning, så kan dessa även ses som sekundäranvändare. Täktens övriga operatörer kan ses som medanvändare eftersom de arbetar tillsammans med primäranvändarna men inte direkt kommer i kontakt med den potentiella produkten. Sidanvändarna för en potentiell säkerhetsprodukt kan ses som täktens ledning och privatpersoner som rör sig på täkten.

Eftersom arbetet är utfärdat av en branschorganisation så finns inga direkta ekonomiska referensramar att ta i beaktning; den förbättrade säkerhetssituationen är incitament nog för att motivera investeringar, inom rimliga ramar. Branschaktörernas inköp av säkerhetsutrustningen medför vissa ekonomiska förhållningsramar. I kommunikation med branschen framgår att säkerhetsinvesteringar är förhållandevis lättmotiverade.

8.1.4 Effektmål

Utifrån vald lösningsinriktningen *"Omöjliggöra närhet till vändtrumma i rörelse"* definierades effektmålet för en produktlösning: *"En säkerhetsprodukt syftar till att minimera risk för skada för anställda och utomstående i bergtäktmiljön i anslutning till transportörens vändtrumma. Detta skall ske utan negativ påverkan på processen bergkross."*

8.2 Konceptframtagning 1

Efter ovan fastställda förutsättningar utvecklas fyra olika koncept. Konzepten beskrivs och analyseras i följande kapitel.

8.2.1 Idégenerering

Idégenereringen för definierat effektmål koncentreras till två inriktningar:

- Att fysiskt förhindra brukaren från åtkomst till vändtrumma i rörelse.
- Säkerställa att vändtrumman inte rör sig när brukaren kommer nära.

Ett stort antal lösningsförslag genereras och kombineras ihop till fyra självbärande delkoncept, som på olika sätt angriper de båda inriktningarna. Ett urval från idégenereringsprocessen presenteras i bild 11.

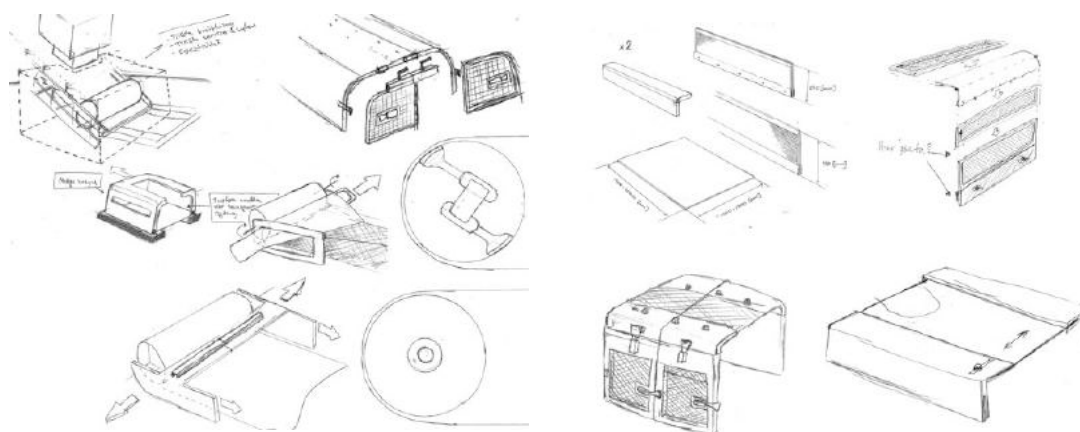


Bild 11: Processbilder; konceptframtagning, idégenerering

8.2.2 Konceptbeskrivning

Efter ovan stipulerade förutsättningar definieras fyra olika koncept som bygger på olika grundprinciper. Konzepten beskrivs och analyseras i följande avsnitt.

Instant stop

Konceptet *instant stop* utgörs av två grundprinciper, som tillsammans syftar till att uppnå önskat effektmål. Den första principen är en identifieringskomponent som kan urskilja potentiell risk, det vill säga när operatören kommer för nära vändtrumman. Tänkbara sätt att identifiera risksituationer är genom kamera med 'item recognition'-programvara, kroppsvärme-sensor, radar, GPS eller receiver/transceiver. Nästa princip syftar till att, på signal från identifieringssystemet, bromsa rörliga delar utan stoppsträckan som medför problem med dagens konstruktion. Konzeptet skall dessutom bryta strömmen till maskinen, exempelvis genom sammankoppling med nödstoppssystemet. Den direktverkande bromsen kan

placeras exempelvis på vändtrumman, på bandet eller på drivtrumman och kan utgöras av antingen magnetbroms eller mekanisk hydraulbroms med flera.

För- och nackdelar

Lösningen är mycket generaliserbar eftersom den går att applicera på flertalet av de transportörer som finns på tåkterna. Konceptet innebär även endast en liten påverkan för det befintliga systemet och dess procedurer, vilket gör den relativt lätt att implementera, både med avseende på brukaracceptans och investeringsbenägenhet

I och med den icke-fysiska karaktären så medför inte koncepten att ytterligare problem uppstår, som till exempel ansamling av material, detta skulle till och med vara något som kameran och dess programvara kunde varna för och på så sätt förebygga att problemet uppstår. Att konceptet inte är fysiskt medför även att det inte inkräktar på möjlighet till besiktning.

Det råder dock vissa tveksamheter kring både tillförlitligheten och tekniken hos identifieringssystemet. Att tekniken i dagsläget inte är anpassat till det studerade systemet kan medföra stora utvecklingskostnader.

Utmaningar

En utmaning ligger i att anpassa och optimera den känsliga utrustningen till den tuffa miljön, där elektronisk utrustning tenderar till att få problem med vibrationer, damm och fysisk påfrestning. Det kan uppstå svårigheter vid utformningen av programvara om ett igenkänningssystem används för riskidentifiering. Det ligger även en svårighet i att uppnå ett bra semiotiskt uttryck i en icke-fysisk produkt. Ytterligare en utmaning är att göra konceptet driftsäkert; eventuell brist i funktion kan leda till allvarliga personskador.

Modulus

Konceptet bygger på principen om flera moduler som sätts samman till ett skydd kring vändtrumman. Skyddet kan anpassas efter storleken på vändtrumman som skall täckas samt den varierande omgivning som vändtrumman befinner sig i.

Den centrala komponenten i detta koncept är den anordning som skall fästas på det fackverk som håller upp vändtrumman, mattan etc. Anordningen skall kunna fästas på fackverk av varierande storlek och utseende, den skall även erbjuda fäste för de sidoskydd som skall omöjliggöra närhet till vändtrumman. Sidoskydd samt takskydd sammanfogas med hjälp av en särskild hörnmodul.

För- och nackdelar

Tack vare skyddets modulfunktion kan det anpassas till flera olika transportörer och uppfyller således kravet på generaliserbarhet. Konceptet innebär även att det inte riskerar bli produktionsstopp om operatören kommer nära vändtrumman.

En nackdel med konceptet är att det skall anpassas till varje enskild transportör, detta kräver ett gediget förarbete.

Utmaningar

En utmaning ligger i att skapa en generell fästansordning som kan användas på transportörer av varierande fabrikat och ålder. Skyddet skall även kunna avlägsnas på ett enkelt sätt, samt vara tillräckligt stabilt när det är ihopsatt vilket kan bidra till problematik vid konceptframtagningen.

Power Break

Konceptet bygger på en mindre, tvådelad dosa som bryter strömmen till transportören om dosans delar separeras. Dosan skall kunna fästas på befintliga skydd och fackverk och bryta strömmen då skydden demonteras. Dosan skall även kunna anpassas för sammankoppling med transportörens hastighetsvakt.

För- och nackdelar

Fördelen med *Power Break* är att det är en generell, lättmonterad lösning som kan anpassas till de flesta transportörer olika täkter. En annan fördel är att operatören ej *kan* komma nära den rörliga vändtrumman om konceptet placeras på ett befintligt skydd.

En nackdel med konceptet är att det går att kringgå, samt att dess effekt försvinner om dosan placeras på t.ex. en grind som går att stänga efter att operatören gått in i inhägnaden. En annan nackdel är att dosan är en teknisk lösning som eventuellt kan störas av rådande miljöförhållande i tækten.

Utmaningar

Största utmaningen ligger i framtagningen av en generell fästansordning som fungerar för alla typer av skydd och fackverk. En utmaning är även att utforma strömbrytaren så att den ej störs av de rådande förhållandena, exempelvis damm och fukt.

Easy guard

Konceptet bygger på en mindre kåpa som endast täcker de kritiska områdena kring vändtrumman. Endast den fjärde kvadranten på vändtrumman innebär allvarlig risk att fastna mellan band och vändtrumma och dras in i fackverkskonstruktionen.

För- och nackdelar

Konceptet bygger på en mycket enkel princip med relativt god generaliserbarhet då det inte innebär någon överbyggnad av transportören och endast verkar i utrymmet mellan matta och halvvägs upp på vändtrumman. Det finns också goda möjligheter att kombinera konceptet med andra lösningar.

Konceptet bör vara tämligen billigt att konstruera och montera, avsaknad av komplicerade tekniska principer minskar även risken för maskinstopp orsakat av täktmiljön.

Skyddet kan dock brista i den mån att det ej kapslar in eller omöjliggör åtkomst till de rörliga delarna eftersom utsidan på vändtrumman samt mattans undersida är helt exponerade. Om skyddet sitter för tätt inpå mattan och vändtrumman riskerar det att bidra till potentiellt problematisk materialupbyggnad.

Utmaningar

Lösningar för hur skyddet monteras isär innebär en stor utmaning där utrymme kring transportörens vändtrumma och fackverk kommer utgöra en begränsande faktor. Det kan bli svårt att ta fram ett enda skydd som passar alla dimensioner och situationer, viss spridning med fokus kring samma princip kan vara nödvändig.

8.2.3 Konceptutvärdering

De fyra koncepten utvärderas mot den framtagna behov- och kravlistan. Förutom viktningen gentemot kraven så viktades koncepten mot urvalskriterierna för att säkerställa att planenlig arbetsriktning upprätthålls. Detta resulterade i ett viktat utvärderingsresultat för respektive koncept. Nedan presenteras en förkortad version av urvalsmatrisen (Tabell 4), resultatet presenteras i sin helhet i Bilaga 11.

Tabell 4: Viktad utvärdering av koncept

	Kravets vikt	Instant stop	Modulus	Kill switch	Easy Guard
Kravbaserat urval					
Summa		38	38	48	36
Summa viktning		128	137	167	128
Egna urvalskriterier					
Adaptabilitet	4	1	2	4	3
Generaliserbarhet	4	3	1	4	2
Tillförlitlighet	5	3	4	1	2
Kostnadsuppskattning	2	1	2	3	4
Implementeringsinsats	2	1	2	3	4
Uppfylnad av effektmått (säkerhetsförbättring)	5	1	4	2	3
Påverkan produktionsfakt	3	1	3	4	2
Summa		11	18	21	20
Summa viktning		43	69	71	67

Koncepten *Modulus* samt *Power break* var de koncept som efter utvärderingen fick högst poäng, eftersom de två koncepten inte utesluter varandra valdes *Modulus* som huvudkoncept för vidare konceptutveckling men principen från *power break* införlivades i konceptet.

8.3 Förutsättningar – konceptframtagning 2

8.3.1 Dimensioner

Inventeringsstudien genererade flertalet mått för vändtrumma, samt närliggande komponenter. En framtida lösning innebär en produkt som omsluter vändtrumman och det fackverk som vändtrumman är fäst vid. Relevanta mått utifrån dessa förutsättningar presenteras nedan.(BILAGA 12)

Stombredd

Tabell 5: Stombredd

Antal transportörer	Stombredd [mm]
22	800 - ≤1000
4	1000 - ≤1200
20	1200 - ≤1450
1	1500

Tabell 5 visar avståndet mellan yttre kanter på fackverket(stombredden). Utifrån tabellen kan det utläsas att majoriteten av transportörerna har en stombredd inom intervallet 800[mm] - ≤ 1450[mm].

Avstånd; bakkant transportör till centrum vändtrumma

Tabell 6: Avstånd, bakkant stomme till centrum vändtrumma

Antal transportörer	Avstånd [mm]
13	0 - ≤400
5	401 - ≤600
18	601- ≤1000
4	>1000

Måtten presenterade i tabell 6 visar avståndet från bakkant av transportör, det vill säga avståndet från änden av fackverket, till centrum av vändtrumma. Majoriteten av transportörerna har ett avstånd inom intervallet 0[mm] - ≤ 1000 [mm].

Avstånd; centrum vändtrumma till matare

Tabell 7: Avstånd, centrum vändtrumma, fram till matare

Antal transportörer	Avstånd [mm]
14	0 - ≤400
9	401 - ≤600
7	601- ≤1000
11	1000 - <2000

I tabell 7 ovan kan avståndet från centrum av vändtrumman till närmaste kant av mataren utläsas. Avståndet är relativt jämnt fördelat mellan 0[mm] och <2000[mm].

Vändtrumma

Tabell 8: Diameter vändtrumma

Antal transportörer	Diameter [mm]
12	300
1	350
20	400
10	500
5	600

I tabell 8 kan vändtrummans diameter utläsas. De flesta vändtrummor är samlade kring en diameter antingen 400[mm] eller 500[mm].

8.3.2 Standarder

För att uppfylla de krav som krävs för CE-märkning av ett skydd användes följande standarder och föreskrifter:

- AFS 2008:3 Maskiner
- SS-EN ISO 12100:2010 Maskinsäkerhet – Allmän konstruktionsprinciper – riskbedömning och riskreducering
- SS-EN ISO 14119:2013 Maskinsäkerhet - Förreglingsanordningar för skydd - Principer för konstruktion och val
- SS-EN 953+A1 Maskinsäkerhet - Skydd - Allmänna krav för konstruktion och tillverkning av fasta och öppningsbara skydd
- SS-EN 620+A1 Transportörer och transportsystem - Säkerhets- och EMC-krav för fasta transportband för lösa massor

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2008:3 innehåller det direktiv med allmänna krav som europakommissionen framtagit för maskiner och maskinrelaterade komponenter. De övriga standarderna kompletterar direktivet med mer ingående krav.

De allmänna krav som finns för maskinskydd innefattar att skydd och skyddsanordningen skall:

- vara robust tillverkade
- sitta stadigt på plats
- inte ge upphov till någon ytterligare riskkälla
- placeras på tillräckligt avstånd från riskområdet
- inte lätt kunna kringgå eller sättas ur funktion

Ytterligare allmänna krav involverar att inte förhindra processen kring maskinen som skyddet verkar runt, samt medge en överblick över processen. Dessa krav är dock redan fastställda sedan tidigare i kravlistan. Generellt för skydd vid transportörer gäller även att spill av material ska kunna rensas bort utan att skyddet demonteras.

Det finns flera olika typer av definierade maskinskydd. Typen av skydd väljs genom en riskbedömning av området som ska skyddas, samt hänsyn till behovet av åtkomst till området. Då åtkomst till maskinen behövs vid viss service, så som justering av matta, kan fasta eller öppningsbara skydd användas. Eftersom åtkomsten och utrymmet kring vändtrumman kan vara begränsat är öppningsbara skydd att föredra då fasta måste vara fastsatta med bultar eller liknande. För att fortfarande uppfylla lagkraven måste dock öppningsbara skydd vara utrustade med en förreglingsanordning som:

- förhindrar att riskfyllda maskinfunktioner startar till dess att skydden är stängda
- ger ett stoppkommando när skyddet inte är stängt

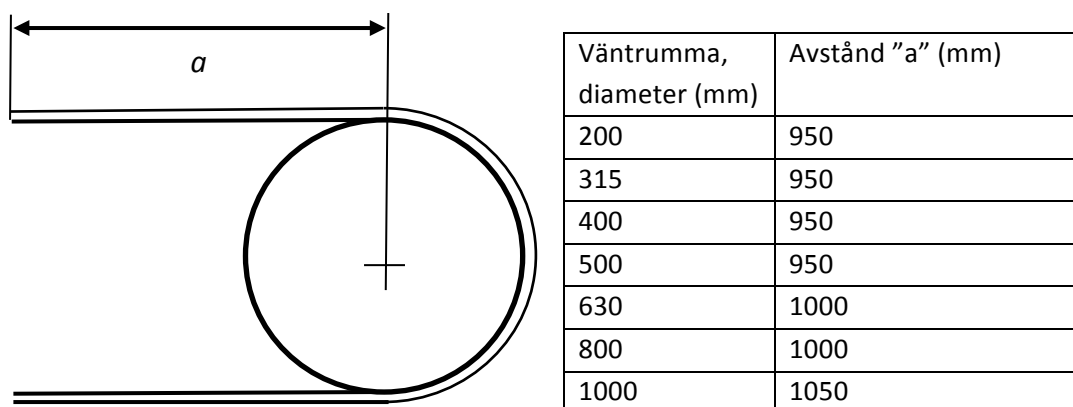
Förreglande öppningsbara skydd skall även:

- så långt möjligt förbli kvar på maskinen när de är öppna
- vara konstruerade och tillverkade så att de kan ställas in endast genom avsiktlig påverkan

Med avsiktlig påverkan menas att skyddet endast kan ställas in eller öppnas med hjälp av verktyg. Verktöget måste vara utformat med syftet att kontrollera en fästansordning; det skall inte gå att öppna skyddet på andra sätt.

Om det är möjligt att gå upp på ett skydd ska skyddet kunna motstå en kraft på 1500 N, jämt fördelat över en yta på 0,2 x 0,2 meter. Skyddet skall inte heller märkbart deformeras permanent eller komma i kontakt med någon rörlig del vid ett sådant tillfälle.

För att undvika att en operatör kommer åt de farliga klämzonerna vid vänd- och drivtrummorna används bestämda mått för att avgöra skyddets längd (Figur 11). I tabellen nedan visas hur långt skyddet måste sträcka sig från klämzonen beroende på vändtrummans diameter.



Figur 11: Säkerhetsavstånd vändtrumma

8.3.3 Krav

Den utökade delen av kravlistan (Tabell 9), inkluderande lagkrav och produktspecifika krav, presenteras nedan. Kravlistan är även kompletterad med önskemål. kravlistan i sin helhet återfinns i bilaga 13.

Tabell 9: Utökad kravlista

4.	Produktspecifika krav. En produkt skall:	
4.1	Uppfylla krav för CE-märkning*	5
4.2	Medge ersättning av skadad produktkomponent	2
4.3	Medge anpassning till transportörer av olika modeller och fabrikat	4
4.3.1	Medge anpassning till stombredd: 800[mm]- ≤1450[mm]	
4.3.2	Medge anpassning till <i>avstånd bakkant transportör</i> → <i>centrum vändtrumma</i> : 0[mm] - 1000[mm]	
4.3.3	Medge anpassning till <i>avstånd centrum vändtrumma</i> → <i>framkant matare</i> : 0[mm] - <2000[mm]	
4.4	Vara robust tillverkade	3
4.5	Sitta stadigt på plats	4
4.6	Inte ge upphov till någon ytterligare riskkälla	5
4.7	Motverka medveten överträdelse/bygling	3
4.8	Uttrycka säkerhet till den nivå som produkten faktiskt erbjuder	4
4.9	Medge avskiljning mellan operatör och rörlig vändtrumma	5
4.10	Medge ergonomisk hantering	2
4.10.1	Handtag anpassas antropometriskt efter 95-percentil man	
4.10.2	Vikten på enskilda komponenter får ej överstiga 10kg	
	*Enligt ISO 12100, EN 953+A1, EN 620+A1	
5.	Önskemål. Produkten bör:	
5.1	Vara återvinningsbar	1
5.2	Innebära fördel för användaren	4
5.3	Tydliggöra korrekt hantering	4
5.4	Påminna om säkert beteende	3
5.5	Uppmuntra till användning	3

8.3.4 Önskade funktioner och egenskaper

Utifrån valt koncept och fullständig kravlista formulerades önskade funktioner och egenskaper hos en lösning efter utförd funktionsanalys. Funktionerna definieras utifrån genomförd problemstudie, brukarens behov samt den kontext produkten kommer befinna sig i är de viktigaste av de aspekter som beaktats.

Följande delfunktioner och egenskaper eftersöks:

Delfunktioner:

- Anpassningsbar i höjd
- Anpassningsbar i bredd
- Borttagbar i flera olika riktningar
- Generaliserad infästning
- Bryta ström

Egenskaper:

- Lätt
- Enkel i användning
- Enkel i uppbyggnad
- Snabbt demonterbar
- Med god insyn
- Tåla miljön

8.3.5 Design och utformning

De förhållningsaspekter och den inspiration som används vid idégenerering av produktens utseende och uttryck beskrivs nedan.

Expression board

Som inspiration och målbild för produktens framtida uttryck användes en expression board, se figur 12, kompletterad med önskade produktattribut uttryckta som adjektiv. Det önskade produktuttrycket syftar sammanfattningsvis till att stimulera användarens förtroende för produkten samt dennes vilja att bruka produkten enligt avsedd användning.



Figur 12: Expression board

Tydlig

Med hjälp av vedertagna principer för god *usability* skall produktens användning tydligt framgå och på så sätt även medge användning för individer som använder produkten sällan eller för första gången. Detta uttryck kan åstadkommas genom att välkända principer, som brukarna känner igen från andra, liknande moment i den studerade miljön, används vid hantering. Det kan även åstadkommas genom att, i den mån det anses relevant, komplettera tydliga förfaranden med vedertagna grafiska anvisningar.

Enkel

Som ett motsatsord till komplicerad skall produkten förmedla enkelhet, syftet med detta uttryck är uppmuntra brukaren till att använda produkten enligt avsett förfarande och inte tillämpa genvägar. Detta uppnås genom lösningar baserade på okomplicerade principer samt genom konsekventa sekvenser vid hantering. Ett enkelt uttryck kan skapa en trovärdighet kring funktionen genom att brukaren upplever en förståelse för hur komponenter fungerar och känner sig trygg med att enkla konstruktioner sällan medför komplikationer.

Säker

Det är viktigt att brukarna känner trygghet när produkten är monterad.

Det är även viktigt att produkten förmedlar en nivå av säkerhet motsvarande den faktiskt kan leva upp till; genom att skapa en falsk trygghet kan skaderisken öka för brukaren då denne överskattar produktens skyddsförmåga. Ett säkert uttryck kan

åstadkommas genom att använda ett formspråk som anknyter till för brukaren typiskt säkra produkter.

Robust

Produkten skall verka i en tuff miljö och måste således förmedla ett uttryck som överensstämmer med de fysiska förutsättningar och krav som miljön formulerar. Ett robust uttryck i kombination med en faktisk stabilitet kommer sannolikt att förmedla ett trovärdigt intryck av att produkten kan uppfylla dessa villkor. Ett robust uttryck kan framför allt uppnås av vissa former och materialval.

Pålitlig

En säkerhetsprodukts viktigaste epitet är pålitlighet och det är således av yttersta vikt att även uttrycket förmedlar detta. Brukaren måste kunna känna sig helt säker med produktens prestanda om en potentiellt riskfylld situation skulle uppstå. Genom att produkten förmedlar pålitlighet så bidrar den till att brukaren kan slappna av och fokusera på de faktiska uppgifterna. Samma resonemang kan appliceras för uttryck av pålitlighet som för säkerhet; att produkten uttrycker motsvarande nivå av tillförlitlighet som den faktiskt kan uppfylla. Det kan vara svårt att förmedla pålitlighet genom en produkts attribut, exempelvis kan formspråk från befintliga produkter, som personer i allmänhet eller den specifika brukaren associerar med pålitlighet, användas.

8.4 Konceptframtagning 2

I följande avsnitt presenteras resultatet av den fortsatta konceptutvecklingen, som genomförts efter i föregående kapitel formulerade förutsättningar. Idegenerering utifrån de delfunktioner som formulerats ligger till grund för de dellösningar redogörs för och utvärderas under detta kapitel. De främsta dellösningarna för de olika delfunktionerna kombineras sedan ihop till ett enhetligt slutkoncept.

8.4.1 Grundprincip

Kombination av koncept från konceptframtagning 1 har bidragit med grundprincipen för den fortsatta processen att utveckla och konkretisera. Konceptet är i aktuellt utförande ett fysiskt maskinskydd som inte går att avlägsna utan maskinstopp, och som tillåter snabb demontering vid behov av ingrepp. Denna grundprincip är överordnad delfunktionerna vid eventuellt behov av kompromiss.

8.4.2 Lösningsgenerering, önskade funktioner

Nedan följer olika lösningsförslag för de framtagna delfunktionerna. Lösningsförslagen är fristående från varandra och kombineras inte ihop förrän slutkonceptet tas fram.

Justerbar bredd

För att möta behovet av en produkt som går att anpassas till bredden på olika transportörer övervägdes att skapa ett skydd i flera olika storlekar. Detta skulle innebära att beställare väljer storlek utifrån den transportör som skyddet skall sitta på. Fördelen med lösningen är att skyddet blir anpassat efter en viss transportör. En nackdel är dock att beställaren måste veta måtten på alla sina transportörer vid beställning samt att skydden inte kan återanvändas i samma grad om transportörer byts ut.

Ett annat lösningsförslag innebär en överdel som går att justera i bredd vid första installationstillfället, men som sedan fixeras för att vara anpassad efter den specifika transportören. Förslaget bygger på två överlappande skivor som bultas ihop efter att ha anpassats efter transportören. Nackdelen med lösningen är att den är något tyngre än en lösning som endast innebär en del. Fördelen med lösningen är dock att skyddet kan flyttas runt på tärnorna samt beställas till varje transportör innan mätningar, för att sedan anpassas väl på tärnorna.

Det tredje och sista lösningsalternativet bygger även det på överlappande skivor. Skillnaden är att skivorna inte bultas fast utan kan glida på varandra och spänns åt vid montering av skyddet med någon typ av spännare. Detta skydd har fördelen att det lätt kan justeras till andra transportörer, samt att spänningen kan användas för att spänna åt och stabilisera hela konstruktionen. Nackdelen är dock att även denna lösning förväntas bli aningen tyngre än en en-delad lösning. Det ansågs dock att

fördelarna vägde tyngre än nackdelen, och denna lösning valdes att införliva i slukkonceptet. En gidlösning kommer att ställa en mängd krav för valt material exempelvis måste gliddelarna vara tillräckligt släta och styva.

Justerbar höjd

Anpassning av skyddet i höjddel är en essentiell del av en potentiell lösning, för att få en anpassad höjd över de i diameter varierande vändtrummorna. Eftersom vändtrumman ibland sitter ovanför eller under fackverket spelar även detta in i höjdanpassningen. Det enklaste sättet för att lösa problematiken var genom att använda ett universalfäste på fackverket som sedan sidoskydden kan fästas på i varierande höjd.

Bortagbar i flera riktningar och generaliserbar infästning

Olika lösningsförslag för att erbjuda borttagning i flera riktningar undersöktes. Dessa kombinerades med lösningar för en generell infästning som passade olika transportörer.

Ett lösningsförslag är att använda sig av en vik-och-fäll-ihop princip. Skyddet skall då vara ledat på några väl valda punkter, när skyddet sen tas bort skall man genom att lossa spärrarna till lederna kunna lyfta skyddet och förflytta det i den önskade riktningen. Problemet med ett sådant skydd är att det, trots den minskade volymen, riskerar att väga för mycket. Samt att vikbara leder på grund av den påfrestande och smutsiga miljön riskerar att mista funktion efter en tid.

Ett annat lösningsförslag innebär ett fäste placerat på fackverket. Fästet är utstyrt med borrade hål placerade på ett visst avstånd från varandra. Ett skydd av nät eller perforerad plåt med hål som motsvarar storleken på hålen i fästet skall sedan kunna placeras mot fästet. Bultar skruvas in genom hålen på skyddet och in i fästet, detta håller skyddet på plats och skyddet kan sedan tas bort i den riktning som önskas då bultarna skruvas loss.

Den lösning som realiserades har sin grund i ett snabbfäste som monteras på transportören. I snabbfästet kan först de båda längsgående sidorna skjutas ner, varvid tak och gavel monteras på sidorna. Denna konstruktion är självbärande och eftersom alla ingående delar förutom snabbfästet är platta medger det enkel montering och demontering, även i trånga utrymmen. Själva infästningen i snabbfästet har dessutom låg profil, vilket förenklar montering och demontering ytterligare.

Bryta ström

Då representanter från täkterna i problemstudie uttryckt att de inte vill ha fler elektroniska komponenter på transportörerna valdes att utnyttja de redan existerande stoppfunktionerna. Önskad funktion kan då uppnås genom att antingen koppla skyddet till nödlinan eller till hastighetsvakten, så att dessa löses ut när skyddet demonteras. Eftersom nödlinan löper längs transportören ända ner till vändtrumman ansågs detta som det mest realiserbara alternativet. Men på grund av vikten av att lösningen är 100% pålitlig, och på grund av att förhållandena ser olika ut transportörer emellan, hålls lösningen för att bryta stöm öppen för mer driftsäkra och anpassade lösningar.

8.4.3 Lösningsgenerering: Önskade egenskaper

De egenskaper som kan utrönas ur kravlistan idégenererades kring och resultatet presenteras nedan. Liksom funktionerna är dessa dellösningar och utvärderas sedan tillsammans för att få ett slutkoncept med kompletterande lösningar.

Lätt

Transportörernas uppbyggnad tvingar ofta operatörer att utföra service i trånga utrymmen och i påfrestande kroppspositioner. Detta resulterar i att många operatörer, under problemstudien, uttryckte en önskan om ett lättare skydd för lättare och mindre slitsam interaktion vilket således medför ett viktigt kriterium för skyddet. Problematiken med ett stort och skyddande objekt som även ska vara lätt tacklades både genom materialval och genom konstruktion.

Första lösningsförslaget bygger på att skyddet är uppbyggt av flera separata delar. Detta innebär att var del har en låg vikt, vilket underlättar vid montering och demontering. Eftersom denna idé bygger på konceptet som valts ut i konceptframtagning 1 var detta något som arbetades vidare med, dock var idégenerering kring lösningsförslaget viktigt för att identifiera eventuella problem med lösningen. Den största utmaningen med ett flerdelat skydd ansågs vara att åstadkomma god stabilitet.

Möjligheten att utforma skyddet i kolfiber utforskades, vilket både skulle vara en hållfast och väldigt lätt lösning. Nackdelen med skydd i kolfiber är de höga priser samt täkternas svårighet att göra små justeringar om detta skulle krävas.

Polymera material och aluminium var de material som utifrån vikten ansågs mest realiserbara för en potentiell lösning. Eftersom materialvalet påverkar fler områden än endast vikten behövdes en kompletterande studie för att ta fram ett slutgiltigt förslag.

Enkel

En potentiell lösning skall både vara enkel i sin utformning och i sin hantering. Den tuffa miljön som produkten kommer verka i ger inte utrymme för mindre detaljer som lätt riskerar att gå sönder eller täppas igen. Överdimensionerade detaljer är att föredra, vilka inte bara tål miljön bättre utan kan även underlätta och tydliggöra användningen. Överdimensionerade detaljer kan även ge produkten det önskade uttrycket av pålitlighet och säkerhet.

Produktens hantering skall på ett tydligt sätt markeras, detta kan medföra att produkten på ett tidigt stadie accepteras av användaren samtidigt det kan minska tiden för demontering och installation. Hanteringen kan tydliggöras med hjälp av förklarande text eller tryckta piktogram. För att ytterligare förenkla användningen kan komponenter på produkten med fördel påminna om produkter, komponenter eller funktioner som används i operatörens vardag. Alla dessa principer användes vid framtagning av slutkoncept.

Snabbt demonterbar

För att ta fram en produkt som snabbt går att demontera har flera alternativa lösningsförslag diskuterats och utvärderats. Snabbfästen som genom ett enkelt handhavande lösgör produkten från dess position är ett alternativ. Remmar som genom att vara åtdragna håller produkten positionerad kan genom att lossa på spänningen frigöra produkten. En produkt som består av flera komponenter kan underlätta demonteringen, den totala vikten fördelas således på fler delar och minskar belastningen på operatören.

Efter utvärdering valdes alternativet flera komponenter. Förutom att minska belastningen för operatören, kan detta alternativ även underlätta montering, demontering och installation vid trånga utrymmen.

Med god insyn

Formulerade krav innebär att lösningen måste tillåta en okulär besiktning av maskinen. För att kunna uppnå detta krav krävs en viss genomsynlighet från sidan av transportören, samt god genomsynlighet bakifrån.

Första lösningsförslaget som även nämndes av representanter från tåkterna under fokusgruppen innebar större "titthål" i skyddet. Även om hålen skulle vara av den storleken att operatören ej kan föra in en hand, skulle inte den standard, som inbegriper hålstorlekar i närhet till farliga delar, uppfyllas. Detta gäller dock bara sidostyckena; bakstycket är betydligt längre ifrån den rörliga delen och klämzonerna.

Nästa lösningsförslag innebär att en amorf, genomsynligt polymer används som material till produkten. Detta skulle medföra god genomsynlighet, men som i längden riskerar att reduceras när materialet slits och smutsas ner av den extremt påfrestande och i synnerhet dammiga miljön.

Tredje lösningsförslaget innebär att nät används. Detta medger en hög genomsynlighet, samtidigt som en låg vikt erhålls. Nackdelen med nät är att det krävs ett styvt och tyngre ramverk för att stabilisera konstruktionen.

Det sista alternativet som togs fram var stansad plåt. Stansningen skulle exempelvis kunna vara cirkulär, kvadratisk eller hexagonal. En kvadratisk stansning ger högst genomsynlighet men brister i stabiliteten. Den hexagonala stansningen har potential att vara en stabil konstruktion och har även hög genomsynlighet. Nackdelen med en hexagonal stansning är att det inte är lika lätt att få tag på. Den cirkulära stansningen ger minst genomsynlighet, men låter därmed materialet behålla en större styvhet. Detta var även förslaget som togs vidare till slutkonceptet.

Tåla miljön

De kontextuella krav som ställs på en potentiell lösning påverkar såväl materialval som fysisk utformning av produkten. Det stora problemet med damm och lera på täkterna försvårar lösningar som innehåller smala utrymmen och snäva toleranser gällande passform eftersom dessa riskerar att sättas igen. Detta innebär att förslag med exempelvis glidskenor viktades lägre i konceptutvärderingen.

Materialvalet påverkades även av den krävande miljön på täkterna. Efter konsultation av Antal Boldizar, professor i polymera material, fastslogs det att plast inte var att föredra i utformningen av ett skydd i täktmiljö. De polymerer som undersöktes var sådana som mötte övriga krav och kriterier för lösningen, så som genomsynlighet. Slutsatsen är att de varierande väderförhållandena och framförallt påliggande solljus skulle förkorta produktens livslängd avsevärt om någon av dessa polymerer används.

Den materialkategori som bäst mötte de kontextuella kraven var metaller. Den metall som ansågs lämpligast och mest realiserbar för lösningen var aluminium.

8.4.4 Val av slutkoncept

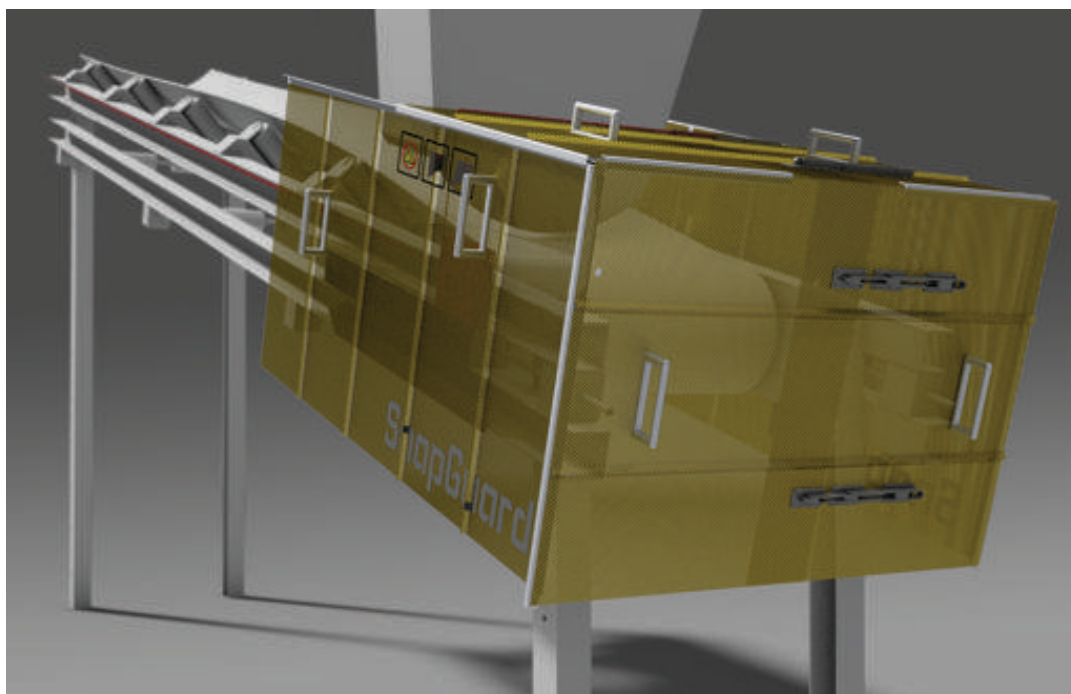
De lösningar för delfunktioner och önskade egenskaper som presenterats och som till störst grad anses uppfylla effektmål och kravbild, samt medföra minimal inbördes konflikt förenas till slutkonceptet.

8.5 Slutkoncept - SnapGuard

Slutkonceptet SnapGuard, resultatet av produktframtagningen, presenteras i sitt slutliga utförande under följande kapitel

8.5.1 Huvudprincip

SnapGuard är ett anpassningsbart och modulbaserat skydd som installeras i transportörens stomkonstruktion och skyddar operatören från vändtrumman (figur 13). Skyddet är skapat för att vara anpassningsbart efter den breda variation av transportörer som återfinns på olika tåker. Det är även skapat för att lätt och snabbt kunna demonteras av ensam operatör vid service av transportör. Skyddet avser även att förebygga genvägar då strömmen till maskinen slås av vid borttagning av enskilda moduldelar, så kallade paneler.



Figur 13: SnapGuard

8.5.2 Delkomponenter

Lösningarna för de olika delkomponenter som utgör SnapGuard är holistiskt hanterade för att säkerställa inbördes kompatibilitet. För att konkretisera slutkonceptet specificeras de olika delkomponenterna separat i följande stycke.

Infästning mot transportör

Den universella infästningen mot transportörens stomme (Figur 14) medger flera olika möjligheter till infästning, vilket är essentiellt eftersom stomkonstruktioner på tåkerna generellt varierar inom ett relativt brett spann. Produkten tillåter direkt

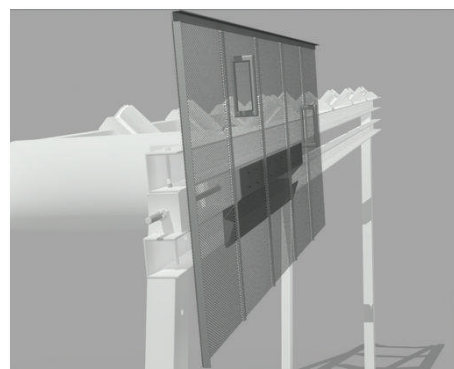
infästning mot stomkonstruktionen, genom svets, nit eller skruvförband. Principen för fästena är en V-formad skena tillverkad av 3 mm stålplåt, med möjlighet till korrosionsskyddsbehandling, i vilken ett S-bockat beslag skjuts ner. Ett flertal 8 mm låsbultar är svetsade på skenans insida. På beslagets undre del finns ett flertal borrhål, diameter 10 mm, vilka passar in i den V-formade skenans låsbultar då sidorna spänns ihop i riktning in mot transportören.



Figur 14: *Universalfäste.*

Sidopaneler

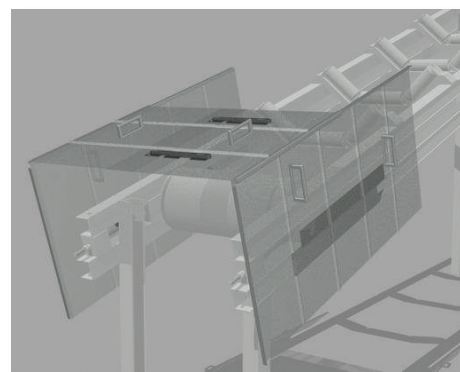
Skyddets sidopaneler kan anpassas i höjdlid i förhållande till infästningen för att på så sätt anpassas efter olika höjd på stommar och efter var lämplig punkt för infästning i stommen är placerad (Figur 15). Detta åstadkoms genom en typ av skruvförband. Sidoskydden är installerade mot ett bockat beslag i 2 mm stålplåt. Installation sker med M5-skruv som passar i de 5 mm stora perforeringarna. Detta medger justering av sidoskydden både i sid- och höjdlid för anpassning till många olika transportörer.



Figur 15: *Sidoskydd*

Övre skyddspanel

I längdled krävs en anpassning vid den initiala installationen, vilken skall begränsas till ingrepp på topppanelen. Generellt är det matare som inom ett intervall på 500 till över 2000 mm begränsar topppanelens utbredning i längdled. Denna anpassning sker genom att topppanelens halvor klipps i en längd som innebär att skyddet sluter tätt mot mataren. Den sammansatta övre skyddspanelen placeras upp på sidoskydden och excenterlås används för att spänna



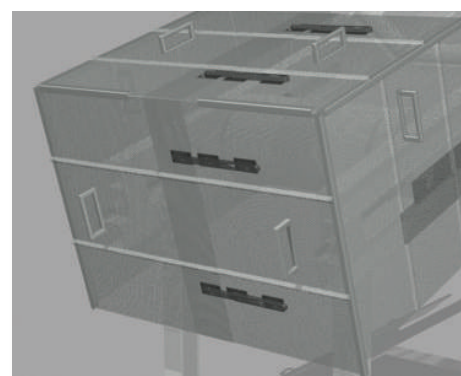
Figur 16: *Övre skyddspanel*

sidopanelerna mot varandra, och därmed låsa fast sidopanelerna i sitt läge med hjälp av tidigare nämnda låsbultar (Figur 16).

Studerade transportörer varierar i yttre stombredd mellan cirka 800 till 1400 mm. Konceptet medger möjlighet till anpassning i breddled genom flera inställningslägen av de överlappande toppdelarna, en anpassning som endast sker vid den initiala installationen genom att excenterlåset som sammanfogar de båda halvorna kan monteras fritt. För att förtydliga så kan fästena på vardera sida av excenterlåset monteras med varierande avstånd från varandra och på så sätt tillåta varierande transportörbredd. Toppdelarna glider i varandra och hålls ihop med bockningar i båda ändar.

Bakre skyddspanel

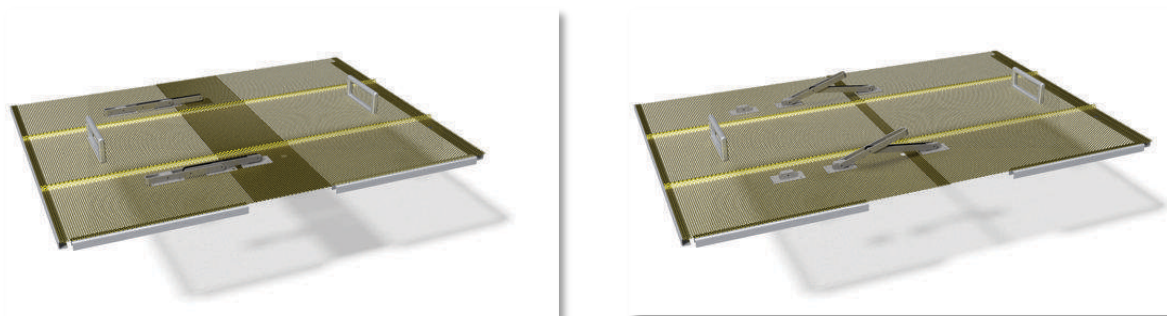
Bakpanelen (Figur 17) är borttagbar genom att den hakas av genom samma princip som för topppanelen. Genom konceptets utformning så måste den bakre panelen tas bort innan de övriga komponenterna kan avlägsnas. Bakpanelen är justerbar i bredd vid initial installation, analogt med topppanelen. Bakpanelen bidrar till ytterligare stabilitet till konstruktionen.



Figur 17: Bakre skyddspanel

Spänn och låsanordning

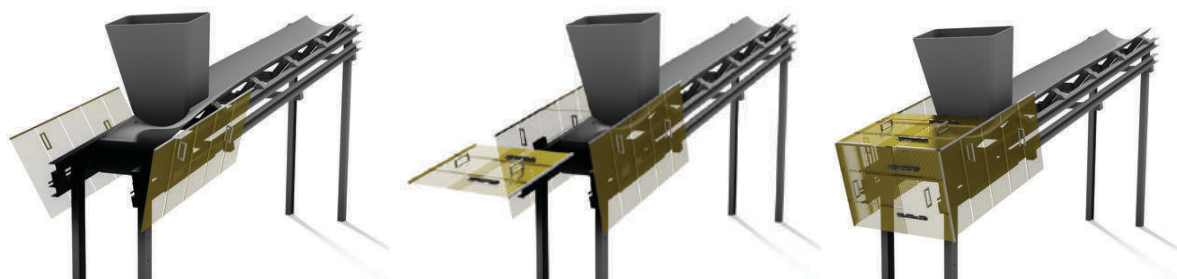
Den viktigaste dellösningen utgörs av spännfunktionen som fogar samman de olika delarna och låser fast dem mot varandra och därigenom ge stabilitet åt konstruktionen (Figur 18). Dessa skall kunna opereras från en position. Spännaren skall även kunna justeras för att således bibehålla passning och en välspänd konstruktion även efter slitage eller yttre åverkan.



Figur 18: Spänn och låsanordning

Vid demontering öppnas excenterlåsen vilket släpper spänningen på topppanelen, detta medför att det bakre partiet frigörs och kan spännas loss och tas bort. När takpanelen sedan är borttagen minskar spänningen på sidopanelerna och de kan lyftas bort i en riktning snett-uppåt.

Vid montering (Figur 19) av skyddspanelerna placeras de båda sidoskydden i infästningen och vinklas in mot transportören vilket också låser sidorna i både höjd, bredd och djupled.



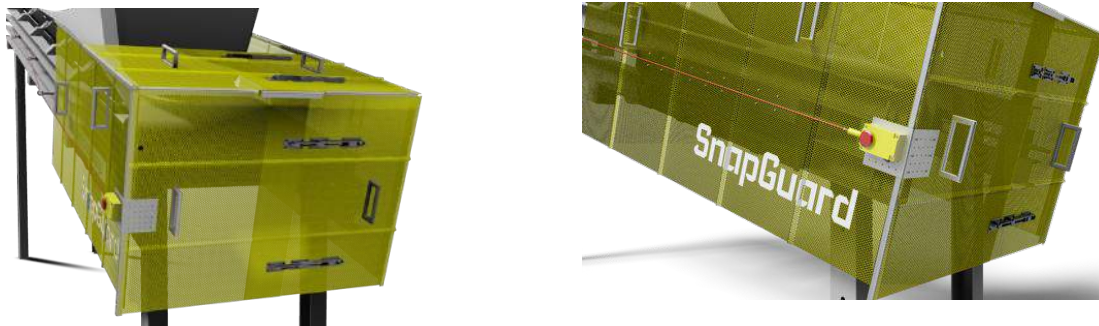
Figur 19: Montering av SnapGuard

Infästningen medger snabb och enkel montering och demontering av skyddskåporna, vilket skall motivera operatörerna att använda produkten. Excenterspännaren kan sedan låsas för att uppfylla de krav som ställs för maskinskydd, det vill säga att avlägsning av maskinskydd måste medföra att verktyg används(lås är acceptabelt).

Säkerhetsbrytare

Säkerhetsstoppet skall medföra att maskinen inte är igång eller kan startas när skyddet avlägsnats. Detta åstadkoms enklast genom en sammankoppling med transportörens nödstoppsystem (nödstoppslinan). Grundidén med SnapGuard är att omöjliggöra närhet till rörlig maskindel, varvid konceptet också är byggt kring tanken om att skyddet ej kan demonteras utan att göra transportören strömlös och således säkrad. Detta uppnås genom att leda den förspända nödstoppslinan som finns monterad på de flesta transportörer längs sidopanelen till det fäste som finns monterad på SnapGuards gavel (se figur 20). Fästet är konstruerat av ett L-format vinkeljärn som monteras på skyddets gavel. Storleken på vinkeljärnet medför att nödstoppet kan fästas direkt på vinkeljärnet.

SnapGuard konstruktionen medför att bakstycket måste plockas bort först innan de övriga komponenterna kan lösgöras. Vid borttagning av bakstycket dras nödlinan åt och nödstoppet aktiveras, transportbandet stannar därmed och en säker borttagning av skyddet kan utföras.



Figur 20. Säkerhetstopp placerat på SnapGuard

8.5.3 Material och tillverkning

Slutkonceptet SnapGuard konstrueras i huvudsak av perforerad 2 mm aluminiumplåt och med bärande detaljer i 2 eller 3 mm stålplåt. Den perforerade aluminiumplåten motiveras genom sin låga vikt, genomsynlighet och sitt goda korrosionsmotstånd. Hållfasthetskraven är inte en primär aspekt att beakta eftersom SnapGuard skall skydda användaren och inte maskinen. Hållfasthetskraven för aluminiumkomponenterna anses relativt låga, vilket medför att återvunnet aluminium kan tillåtas. Styvheten och såldes stabiliteten i materialet är begränsad och är således beroende av sammanbindningen mellan de fyra panelerna, samt förstärkningar.

För snabb och enkel bestämning av systemets status ger perforeringen i SnapGuard viss insyn till de rörliga delarna kring transportörens vändtrumma. Transparensen hos panelerna ger operatörerna möjlighet att identifiera problem, exempelvis materialansamling eller snedgående matta, utan att demontera skyddet.

För att säkra stabiliteten hos SnapGuard är den perforerade aluminiumplåten bockad med V-profil varje 400 mm. Detta ger en mycket stor ökning i lodrät stabilitet och förhindrar knäckning kring en tänkt axel i skyddet längsgående riktning. Infästningen i stålplåt samt de kantmonterade aluminiumprofilerna stabiliserar sidoskydden vågrätt.

Hantering av SnapGuard underlättas genom en mycket låg vikt, ingen enskild demonterbar del väger mer än 11 kilogram. Handtag för manövrering av komponenterna är ergonomiskt placerade för kraftlyft och underlättar ytterligare

hanteringen av skyddspanelerna. Handtagens storlek är anpassade för definierad brukare som dessutom bär handske.

Konstruktionsunderlag för SnapGuard tas fram ur CAD-modell av produkten. SnapGuard har konstruerats digitalt i Autodesk Inventor, varvid dimensionering och konstruktionsunderlag för plåt detaljerna samt standardiserade komponenter kan extraheras ur modellen.

8.5.4 Övriga designaspekter

Färgval och utformning som har använts för att påverka SnapGuards uttryck presenteras nedan.

Biomimicry

Genom en önskan att skapa en produkt som både skall vara *lätt* men samtidigt *tåla miljön* inspirerades utformningen av sättet bikakor är uppbyggda. Formen av en hexagon är känd för att vara mycket stabil i förhållande till sitt nätta utseende och minimala materialanvändande. Detta samtidigt som utformningen med de sexkantiga hål som uppstår mellan strukturen ger hexagonen ett öppet utseende, något som ytterligare kan bidra till att uppfylla kriteriet för god insyn. SnapGuard konstrueras i sitt slutliga utförande i hexagonalt perforerad aluminium

Färgval

SnapGuard skall vara målad eller anodiserad i en gul färg(RAL 10:21) motsvarande den som används för många av de tyngre maskinerna på tåkten. Färgen skall ge intrycket av en viktig och säker komponent på arbetsplatsen. Instruktioner om korrekt handhavande av SnapGuard skall vara tryckt på dess paneler och viktiga funktioner åskådliggörs med en färg som står i god kontrast till den gula färgen på övriga komponenter. För att underlätta initial installation kan det med fördel finnas numrerade anvisningar för stegvis inpassning av justerbara komponenter.

9 Genomförande - Utvärdering och validering

I följande kapitel beskrivs tillvägagångssättet för utvärderingen av slutkonceptet SnapGuard, vilken metodik som använts och vilka aspekter som valts för utvärderingen.

9.1 Fysisk utvärdering

En produktrepresentation tillverkas i fullskala för att utvärdera de grundläggande tekniska principerna, för vilka viss osäkerhet råder.

Syftet med utvärderingen är primärt att undersöka fyra aspekter:

- Konstruktionens faktiska vikt och storlek
- Genomsynligheten hos materialet
- Konstruktionens stabilitet
- Möjligheten till demontering för service och reparation av transportör

Sekundärt testas även konstruktionens:

- Möjlighet till anpassning för olika transportörer och omgivande förhållanden.
- Möjlighet till initial montering
- Uttryck
- Övriga iakttagande, exempelvis vassa kanter, för oljud, ny skaderisk etc.

Lämplig konstruktion för utvärderingsmodell till testerna fastställdes efter formulerade utvärderingsaspekter, genom test med pappmodeller, ytterligare materialstudier, visuell utvärdering av CAD-underlag och genom konsultation av verkstadstekniker. Materialet beställdes och monterades. Utvärderingsstudien genomfördes under driftstopp(helg) på en reell transportör i en närliggande täkt.

Det dokumenterade resultatet av den fysiska utvärderingsstudien analyserades och identifierade brister uppmärksammades, modifierades om möjligt eller diskuterades kring för tänkbar hantering vid eventuell vidareutveckling.

9.2 Teoretisk utvärdering

Slutkonceptet utvärderas teoretisk mot mål, krav och önskat produktuttryck. Förutsättningar för en lyckad implementering diskuteras tillsammans med lämpliga optimeringar vid fortsatt utveckling. CAD-modell tillsammans med den fysiska utvärderingsmodellen utgör grunden för utvärderingen av produktens uttryck.

Utifrån CAD-material och fysisk modell utförs överslagsberäkningar för materialåtgång. Detta material låg till grund för en övergripande livscykelanalys(LCA) med hjälp av *Product ecology online*.

Materialåtgången tillsammans med uppskattade tillverkningskostnader, med utgång i utformad utvärderingsmodell, låg till grund för en kostnadsuppskattning.

10. Resultat och analys - Utvärdering och validering

Slutkonceptet utvärderas med hjälp av i vedertagen utvärderingsmetodik. Utvärderingen har utförts med avseende på hållbarhet genom LCA-analys och fysiska produktattribut genom utvärdering av fysisk modell i faktisk miljö. Resultatet av utvärderingen presenteras i följande stycke.

10.1 Praktisk/fysisk utvärdering

Under detta kapitel presenteras resultat och analys från fysisk utvärdering av slutkonceptet, som utförts i den faktiska miljön med hjälp av en fysisk modell (Bild 12).



Bild 12: Utvärdering av koncept

10.1.1 Modellens utformning

De viktigaste aspekterna att undersöka är konceptets vikt och egenstabilitet, testmodellen tillverkas således i samma material som avses för konceptet, perforerad och förstärkningsbockad aluminium. Modellen måste även tillverkas i fullskala för att möjliggöra test av dessa faktorer. För att kunna utvärdera genomsynligheten tillverkas modellen i samma perforerade plåt som avses för konceptet. Den perforerade aluminiumplåten med runda hål som modellen tillverkas i medger ca 35 % genomsynlighet, vilket antas tillräckligt vid studier av CAD-modell. Det avsedda materialet levereras dock i en stor variation av olika perforeringar, med varierande genomsynlighet vilket möjliggör materialbyte om inte kraven för genomsynlighet anses tillfredsställda.

10.1.2 Vikt och storlek för hantering

Den fysiska modellens olika komponenter hanterades var för sig. På sidoskydden monterades fästen gjorda av 2 mm plåt, hopmonterade vägde ett sidoskydd ca 10 kg och kunde på enkelt sätt lyftas av en person. Takets två delar liksom bakre partiets två delar monterades ihop var för sig. Taket vägde vid hopmontering drygt 5 kg och bakre partiet vägde även det drygt 5 kg, detta medförde att ett lyft av dessa var oproblematiskt. Vikten av de fästen som placeras på fackverket uppgick till nästan 20 kg vardera. Detta medför en viss ansträngning vid lyft, med eftersom dessa endast skall lyftas en gång (vid initial montering) så anses detta vara en godtagbar lösning.

10.1.3 Genomsynlighet

Den perforerade aluminiumplåten med 35 % genomsynlighet uppfyllde inte den önskade effekten. Vålbelysta områden som oändelen av mattan medgav godkänd genomsynlighet, men under mattan, vid vändtrumman, där det var betydligt mörkare och kontrasten lägre, var genomsynligheten otillräcklig. Det är även vid dessa områden som en okulär besiktning är som viktigast.

10.1.4 Demontering vid reparation och service

Montering och demontering utfördes enligt förfarande beskrivet under presentation av slutkonceptet. Demontering samt montering utfördes på cirka en minut vardera av en person. Tiden för demontering och montering av SnapGuard överträffade förväntningarna och var väl inom rimliga ramar.

10.1.5 Konstruktionens stabilitet

Konstruktionen är baserad kring metallplåtar är den inneboende stabiliteten i komponenterna tämligen låg. Vid montering verkar dock komponenterna stabiliserande för varandra, då konstruktionen är självlåsande, vilket var det utslag och den slutsats som önskades (Bild 13). Väl monterad är SnapGuard överaskande stabil och ger ett förhållandevis gediget intryck.



Bild 13: Monterad modell

10.1.6 Initial montering

Vid provmontering av SnapGuard fanns endast enkla handverktyg att tillgå. De verktyg som användes var en batteridrivna skruvdragare, skiftnycklar, fasta nycklar och hylsnycklar, bågfil, bräckjärn, hammare och skruvmejslar. Större delen av monterings tiden, drygt två timmar, användes för att skapa en lämplig yta för infästningen på fackverket. En erfaren operatör med elektrosvets, skärverktyg och distanser bör kunna utföra monteringen *betydligt* snabbare än vad som uppmättes vid provmonteringen. Anpassningen av övriga komponenter tog under 60 minuter med de verktyg som fanns att tillgå. En rimlig uppskattning är att den färdiga produkten bör kunna installeras på samma tid eller mindre.

10.1.7 Anpassningsbarhet

Den fysiska utvärderingen av SnapGuard på en transportör som får anses representativ för de som tidigare observerats, med typisk bredd, djup, höjd och kringliggande miljö. SnapGuard anpassades med lätthet för att ge en fullgod inneslutning av de kritiska, rörliga delarna och tidsåtgången för detta moment överträffade förväntningarna. Det är också värt att notera att med de komponenter som fanns att tillgå hade en betydligt större transportör kunnat säkras från åtkomst

utan att arbetet hade blivit mer omfattande. Greppytorna på komponenterna provmonterades i olika konfigurationer för att finna lämpliga monteringsplatser, vilket också gjordes med lätthet. Handtag kan med andra ord utan svårighet monteras där operatören finner det lämpligt.

10.1.8 Övriga iakttagande

Det kan uppstå en viss klämrisk vid montering, demontering och installering av produkten, detta beror främst på den spänning som uppstår mellan komponenterna samt de relativt vassa kanterna på aluminiumplåten och aluminiumlisterna.

10.2 Teoretisk utvärdering

För att säkerställa slutkonceptets mål och kravuppfyllnad genomgår konceptet en teoretisk utvärdering där bland annat kravuppfyllnad, användarvänlighet och hållbarhet utvärderas. Resultatet av detta presenteras i följande avsnitt.

10.2.1 Effektmål

Genom produktens utformning, där fyra paneler sammanfogas och med det innesluter vändtrumman, åstadkoms en uppfyllnad av effektmålet: *"En säkerhetsprodukt syftar till att minimera risk för skada för anställda och utomstående i bergtäktmiljön i anslutning till transportörens vändtrumma. Detta skall ske utan negativ påverkan på processen bergkross"*. Med lösningen som SnapGuard innebär kan risken för en anställd att skadas på bergtäkten minimeras och produkten bidrar således till en säkrare arbetsplats.

10.2.2 Krav

Kontext

De kontextuella krav som formulerats för en säkerhetsprodukt har införlivats till hög grad. De kontextuella ramarna kunde formuleras tidigt och har medfört få interna konflikter. Primärt handlar de kontextuella kraven om att produkten skall tåla en påfrestande miljö; kravbilden för kontexten är alltså entydig och utan uppenbara motsättningar.

Brukare

Generellt handlar kraven som formulerats för brukaren om att medge en okomplicerad och lättförståelig hantering. Dessa krav uppfyller SnapGuard till mycket hög grad, eftersom den bygger på mycket enkla och för brukaren välkända principer.

Processrelaterat

Nästa viktiga grupp av krav som formulerats för ett maskinskydd avser primärt vilken typ av moment och vilka situationer som produkten måste tillåta och anpassas efter. Primärt kan de delas upp i två kategorier: vilka moment som måste tillåtas när maskinen är igång och vilka som skall tillåtas vid avstängd och säkrad transportör.

Moment som skall tillåtas under maskindrift, såsom justering av matta och besiktning kräver högre genomsynlighet än vad SnapGuard erbjuder i dagsläget. Eftersom att utrymme finns för att öka genomsynligheten genom ett enkelt byte av material antas kraven kunna uppfyllas genom en mindre modifikation. Större ingrepp som inte kräver maskindrift tillåter produkten på ett tillfredställande sätt genom att den med förhållandevis enkla medel är i princip helt demonterbar och således medger goda förutsättningar för relevanta ingrepp.

Standarder

SnapGuard uppfyller för maskinskydd av typen "förreglande öppningsbara skydd", adekvata standarder i sitt befintliga utförande, om den monteras enligt anvisning. Då det endast finns få direkta mått att förhålla sig till i standarderna och i direktivet från arbetsmiljöverket, är det svårt att avgöra i vilken grad som kraven uppfylls. Det är till exempel svårt att avgöra hur *robust* byggt skyddet måste vara för att uppfylla detta krav.

Visst tolkningsutrymme lämnar även standarden angående möjligheten att stå uppe på skyddet. Om skyddet går att beträda skall det klara av att bära en last på 1500 Newton, vilket SnapGuard inte uppfyller. Konceptet är inte konstruerat för att tillåta att operatören står på det. I de flesta fall kommer detta även vara något som är praktiskt omöjligt då det ofta inte finns tillräckligt med plats runt skyddet. Huruvida detta måste åtgärdas, eller om varningstext som varnar för att klättra upp på skyddet, är tillräcklig står ej att finna.

10.2.3 Konflikterande krav

Konflikterande krav för SnapGuard uppkommer i kompromissen mellan genomsynlighet och låg vikt, kontra konstruktionens stabilitet; perforerad 2 mm aluminiumplåt är i sig självt ej särskilt styvt vilket, om konstruktionslösningar ej implementeras, kan ge en mycket instabil produkt. Det följer dessutom att högre genomsynlighet och lägre vikt innebär ytterligare försvagning av konstruktionen, då mindre mängd bärande material används.

Monteringen av produkten måste vara snabb och enkel enligt formulerad kravbild, vilket till viss del står i motsättning till standardens krav på demontering. Enligt EN-standard måste demontering av produkten medföra ingrepp med verktyg, vilket således görs gällande även för SnapGuard genom att spännet låses i sitt läge, vilket fördröjer processen något. Trots detta är demonterings- och monteringstiden väldigt låg i förhållande till befintliga maskinskydd som studerats.

10.2.4 Ergonomi

Interaktionen med SnapGuard sker relativt sällan och ergonomiska krav blir således underordnade övriga. Produkten tillfredsställer belastningsergonomiska förväntningar genom strategiskt placerade handtag, anpassade till brukaren samt en låg enhetsvikt. Att produkten består av flera separata skyddspaneler bidrar, förutom att förenkla hanteringen, till att enskilda lyft blir inom ett intervall som satisfierar belastningsergonomiska riktlinjer. Huruvida SnapGuard uppfyller de ergonomiska kraven bättre än befintliga lösningar är dock svårt att säga i och med att många av de befintliga skydden är för tunga för att lyfta manuellt, och lyfts därför med exempelvis traverser. För anpassning till riktlinjer för kognitiv ergonomi beaktas framför allt aspekter för god *usability* som redogörs för under nästa rubrik.

10.2.5 Usability

SnapGuard bidrar med en hög nivå av *guessability* och *learnability* genom enkla förfaranden tillsammans med ett instruerande gränssnitt som stödjer den studerade brukargruppens perception och förväntningar. Dessa *usability*-aspekter har varit viktigast att beakta vid utformningen. Trots att *guessability* och *learnability*-aspekter anses viktiga för användning av oerfaren brukare så är det av yttersta vikt att anpassningen sker även enligt *experienced user performance*. Då SnapGuard är enkelt utformad med få steg vid användning, kan en snabb och tillfredsställande användning uppfyllas även för expertanvändare.

10.2.6 Hållbarhetsanalys

Då SnapGuard är konstruerad helt i metall, stål och aluminium, är samtliga delar till mycket hög grad återvinningsbara. SnapGuard är konstruerad i både aluminium och stål, men dessa metaller kan enkelt separeras fullständigt, då hela produkten är designad för att kunna monteras isär; alla förband är exponerade och de olika metallerna endast är mekaniskt fogade mot varandra. Aluminiumpanelerna tillverkas i återvunnet aluminiummaterial vilket ytterligare reducerar produktens negativa miljöpåverkan. Genom att hantera dessa aspekter har optimala förutsättningar för minimal negativ miljöpåverkan skapats för SnapGuards livscykel.

10.2.7 Ekonomi/prisuppskattning

Utvärderingsmodellen av SnapGuard antas vara dyrare än styckpriset för färdig produkt, framför allt på grund av ökad volym vid serietillverkning och optimering av all förkonstruktion. Kostnaden för materialet till SnapGuard, inklusive förfabricering bör rimligen ej överstiga 7000 kr exkl. moms och blir med största sannolikhet *betydligt* lägre.

Övriga komponenter kan uppskattningsvis anskaffas för under 500 kr exkl. moms, om volymen är tillräckligt stor. Kostnadsuppskattningen förutsätter tillgång till kvalificerade verktyg för montering, vilket finns på samtliga täkter som observerats.

10.2.8 Uttryck

Den fysiska modellen utvärderades utan några yttre attribut tillagda, det vill säga; färg, förklarande text, piktogram eller låsanordning. Som en följd av detta baseras utvärderingen av uttrycket framför allt på renderad CAD-modell.



Figur 21. Expression board med insatt koncept

Enkel

Produkten erhåller sitt enkla uttryck främst genom konsekvens i utformning och färgsättning. Att användningen tydligt framgår är ytterligare en faktor som bidrar till produktuttrycket enkel

Tydlig

Hur produkten skall användas framgår tydligt genom exempelvis de utstickande, enkla spännena som även är utformade för att påminna om liknande lösningar på andra produkter. Sådana attribut gör att produkten upplevs som tydlig.

Säker

Produktens kan anses uttrycka säkerhet genom färgsättningen om materialet, som associerar till skyddsprodukter. Dock kan de tunna plåtarna, som inte är särskilt styva när skyddet inte är fastspänt, motverka det säkra uttrycket.

Pålitlig

De enkla och typiskt funktionella delkomponenterna förmedlar med stor sannolikhet pålitlighet till brukarna. Då skyddet är monterad på transportören förmedlar även stabiliteten och det gedigna uttrycket en pålitlighet.

Robust

När produkten är monterad så utgör den som helhet ett relativt robust intryck, i och med den stabila formen av ett rätblock. Däremot kan det relativt tunna och perforerade lättviktsmaterialet medföra att det robusta uttrycket dämpas.

10.3 Förutsättningar

I följande avsnitt diskuteras huruvida SnapGuard kommer kunna realiseras och börja produceras med avseende på egenskaper, styrkor och förbättringsområden.

10.3.1 Implementering

Förutsättningar för realisering av presenterat maskinskyddskoncept anses efter vidare detaljutformning som mycket goda. Maskinskydd är en produkt som branschen och brukarna har erfarenhet av sedan tidigare, vilket medför mycket goda förutsättningar för att produkten accepteras. Konceptet bygger på att med fysiska medel förhindra brukaren från att skadas av rörliga delar. Den fysiska storleken bidrar med ett mycket intuitivt uttryck till skillnad från exempelvis ljusridåer för maskinstopp, principen och syftet med produkten blir uppenbar för brukaren. Det fysiska maskinskyddet bidrar genom sin karaktär även till en direkt återkoppling av funktion då brukaren vet att när produkten är monterad så är skyddet aktivt.

SnapGuard är, med grund i sin design, möjlig att anpassa för många olika dimensioner av transportörer och har tagits fram specifikt för att kunna passa in i varierande miljöer. Detta medger en hög grad av generaliserbarhet och gör det till en attraktiv produkt ur inköpssynpunkt; en grov uppskattning/mätning av transportörens dimensioner räcker som beställningsunderlag.

Att produkten är omöjlig att demontera utan att strömmen bryts är konceptets viktigaste princip. Befintliga skydd på bergtäckerna idag hindrar användaren för att av misstag fastna i och dras in i rörliga delar, men lämnar brukaren med ansvaret att inte medvetet begå en överträdelse och avlägsna skyddet under drift. Med SnapGuard kan överordnad känna sig säker med att brukaren inte begår riskfyllda överträdelser. Att maskinskyddskonceptet är väldigt lätt att demontera i kombination med att transportören är säkrad när skyddet avlägsnas motverkar, på ett effektivt sätt, bekvämlighetsaspekten som brukarna vittnat om. Det finns inte längre något motiv till att inte återmontera skyddet efter ingrepp, något som vissa av de befintliga skydden på täckerna bidrar med, genom sin tidskrävande

återmontering och genom möjligheten för brukaren att aktivera transportören utan att maskinskyddet återmonteras.

Ytterligare en aspekt som talar för lyckad implementering är det faktum att produkten uppfyller de standarder som en säkerhetsprodukt i den studerade kontexten betingar. Således kan företaget som köper in produkten känna sig trygg med att maskinskyddet, vid korrekt montering, uppfyller relevant lagstiftning och således inte utgör ett hinder för den obligatoriska CE-märkningen av anläggningen.

Den initiala monteringen av skyddet är mycket enkel och kan utan problem utföras av tåktens egna servicetekniker. Att brytning av strömmen bygger på det befintliga nödstoppsystemet gör att montering i de flesta fall inte ens kommer kräva att elektriker anlitas.

Maskinskyddskonceptet har en mycket stor styrka i att konstruktionen konsekvent bygger på väldigt enkla och robusta principer. Detta medför goda förutsättningar för en billig och pålitlig slutprodukt som är lätt att förstå, hantera och implementera.

10.3.2 Förbättringsområden

SnapGuard uppfyller de krav som ställs på produkten av rådande lagkrav med undantag av kravet som specificerar hur mycket vikt skyddet måste tåla om det är möjligt att stiga på det. Då det inte specificeras var gränsen går för när det är möjligt att stiga på det är det dock svårt att avgöra i vilken mån kravet uppfylls eller huruvida kompletterande varningstext uppfyller kravet. För att vara helt säker på att kravet uppfylls måste modifikationer göras med produkten.

Enkelheten hos konceptet gör att tåkterna själva kan tillverka produkten i egna verkstäder. Detta kan medföra problem om man önskar söka tillverkare för konceptet. Vinstdrivande företag söker troligtvis en mer unik produktidé, som medför en tydlig och säljande konkurrensfördel. I kontrast till branschorganisationen som enbart ser till medlemsnyttan; det vill säga en förbättrad säkerhetssituation för sina medlemmar. Att maskinskyddsprodukten, med SnapGuard som förlaga, tillverkas av bergmaterialindustrin själva anses vara en rimlig metod för implementering av produkten.

Trots riktat arbete mot hög grad av generaliserbarhet så kommer SnapGuard inte fungera för samtliga transportörer. En fullständig generaliserbarhetsgrad anses ouppnåelig, men det finns stort utrymme för att tillvarata vissa av slutkonceptets delfunktioner och principlösningar vid ytterligare anpassning. Sådan anpassning kräver dock vissa överväganden, eftersom garanti på kravuppfyllnad och således fullständig säkerhet inte längre kan upprätthållas.

10.4 Optimering

Resultatet av den fysiska och teoretiska utvärderingen konstaterade några mindre brister i konceptet, varav den viktigaste behandlas med tänkbara lösningar under detta delkapitel.

Genomsynlighet

Konceptet uppvisade lägre grad av insyn än förväntat och eftersom det anses vara ett viktigt kriterium så måste detta faktum hanteras. Referensmaterialet som utvärderades hade cirka 35 % genomsynlighet. SnapGuard kommer i sitt slutliga utförande tillverkas i ett material som tillåter större grad av genomsynlighet. Perforerad aluminiumplåt kan beställas med en stor variation av hålbilder och ytterligare utvärdering bör utföras för vilken grad av genomsynlighet som är lämplig. På marknaden finns material som tillåter åtminstone 60 % genomsynlighet; runt 50 % bör enligt uppskattning av pappersmodell vara tillräckligt för slutkonceptet. Formen på hålen och hur tätt de sitter påverkar även detta genomsynligheten, vilket bör beaktas vid ytterligare utvärdering. Att ändra materialet till en aluminiumplåt med högre genomsynlighet medför dessutom en lägre enhetsvikt, vilket är positivt. Däremot riskerar stabiliteten i konstruktionen att påverkas negativt, vilket avhjälpas med ytterligare tvärgående bockningar av samma typ som beskrivits tidigare.

11. Diskussion – Projektprocessen

Under diskussionskapitlet avhandlas de aspekter som haft inflytande över det slutliga resultatet, samt hur dessa aspekter hanterats under arbetsgången.

11.1 Datainsamling och analys

I följande avsnitt diskuteras datainsamlingsprocessen och hur utformningen av denna påverkat resultatet.

11.1.1 Fackspråk

Under intervjuer har vissa språkförbistringar förekommit. Den branschspecifika vokabulären har utvecklats allt eftersom och har inte direkt varit något föremål för misstolkningar. Den företagspecifika vokabulären har däremot vållat vissa problem; olika företag har ofta olika namn för samma komponent, vilket ibland har bidragit med viss förvirring.

11.1.2 Intervjuformulär

Vid studie av intervjumaterial har identifierats att vissa ledande frågor förekommer. Detta har skett i slutet av intervjuprocessen när en mättnadsgrad har uppnåtts och intervjuaren har sökt mer utvecklade beskrivningar. Detta faktum medför dock inget större problem, eftersom intervjuerna inte syftar till att ge underlag för några statistiska undersökningar utan istället är av kvalitativ(beskrivande) karaktär.

11.1.3 Urval, respondenter

Respondenter för intervju valdes primärt efter arbetsuppgifter, där flera olika erfarenhetsmässig bakgrunder eftersöktes. En faktor som påverkade valet av respondenter var även vilka som var intresserade av att delta, samt vilka som var tillgängliga. I övrigt var valet slumpmässigt och väl spritt över olika anläggningar och arbetsgivare och kan som helhet godtas som tillförlitligt.

Huruvida urvalet kan anses representativt är i sammanhanget en relativt subjektiv bedömning. Då antalet respondenter varierade mellan de besökta täckerna kan också olika arbetsmiljöer och arbetssituationer vara över- eller underrepresenterade. De intervjuade operatörerna uppvisade dock ett brett spektrum av entusiasm, svarsbenägenhet och generellt intresse för frågorna. Även om svaren inte nödvändigtvis statistiskt överensstämmer med läget i branschen så ger de en onyanserad och bred bild av verkliga förhållanden. Syftet med intervjustudien har primärt medfört deskriptiv, kvalitativ karaktär för intervjuerna, vilket medför en naturlig okänslighet mot bias och skevt urval, jämfört med en statistisk, kvantitativ studie.

11.1.4 Observationsmetodik

Observationernas karaktär har troligtvis haft ett visst inflytande över utfallet. Under observationerna bars adekvat skyddsutrustning, varselväst, skyddshjälm, skyddsskor

och handskar vilket eventuellt medförde associationer bland brukarna till arbetsmiljökontrollanter eller dylikt. Under de inledande observationerna visade brukarna viss reservation och iakttog sannolikt en förhöjd aktsamhet. Detta beteende förändrades allt eftersom och en mer öppen inställning utvecklades. Troligvis uppvisade man även en mer realistisk försiktighetsnivå och ett mer typiskt agerande än under de tidiga observationerna. Denna omställning skedde efter att syftet med studien klargjorts. När observationerna var av mer dold karaktär så kunde ett mer riskfyllt beteende många gånger iakttagas.

Flera, om än inte flertalet, av de observationer som genomförts utfördes under observation av förman eller annan personal med ansvarsposition på tåkten. Under besök när driften av tåkterna var igång var rörelsefriheten till viss del begränsad på grund av de risker som maskiner och trafik innebär för utomstående. De observationer där fri tillgång till anläggningen erhöles genomfördes då själva kross-, sikt- och transportarbetet låg nere på grund av service. Således rådde vissa begränsningar med avseende på observerade arbetsmoment. Utöver detta så är det många servicemoment och reparationsarbeten som bara genomförs någon gång i månaden eller ett par gånger om året och som således inte kunde observeras.

Dessa aspekter medför att observationsstudien inte uppnår fullständig reliabilitet och således påverkas även validiteten negativt. Medvetenheten kring felkällor vid undersökningar har dock medfört att eventuella brister i reliabilitet och validitet inte påverkat studiens resultat i sin helhet.

11.1.5 Statistiskt underlag

Det detaljerade statistiska underlaget kommer primärt från ett företag. Detta har sannolikt visst inflytande över dess innehåll. Innehållet har studerats med detta faktum i beaktande och risk för felaktiga slutsatser till följd av en viss subjektivitet i materialet har således minimerats. Ytterligare en felkälla som avser det statistiska underlaget är bristfällig inrapportering. Trots existerande rutiner och system samt påtryckningar för inrapportering av skador och tillbud så finns sannolikt ett visst mörkertal av mindre olycksfall och i synnerhet tillbud där individen underlåtit rapportering. Något som ytterligare talar för detta är att vissa typer av tillbud som nämnts under intervjuer inte alls är representerade i statistiken.

11.1.6 Riskanalys

Ovan nämnda brister i det statistiska underlaget färgar naturligt riskanalysen, vars uppskattade sannolikhet för respektive riskområde till stor del bygger på inrapporterad, statistisk data. Riskanalysens in-värden har baserats på det statistiska underlaget, men flera aspekter har även bedömts genom relativt fria antaganden. Detta bör tas i beaktning vid analys av resultatet från riskanalysen.

Inbördes jämförelse mellan mycket olika riskområden leder till ett relativt svårtolkat resultat. Att bedöma allvarlighetsgraden för inträffande av stendammslunga, som ofta drabbar individen lång tid efter den faktiska exponeringen, kontra en kollision mellan fordon och oskyddad trafikant är mycket komplicerad. Båda kan leda till att individen dör och bör således bedömas med hög allvarlighetsgrad, trots att den direkta innebörden av exempelfallen skiljer sig markant åt. Sannolikhetsgraden för att utsättas för damm är påtaglig och utbredd, men de allra mest allvarliga konsekvenserna som stendammslunga och KOL drabbar bara en viss andel av den exponerade skalan. Flera andra faktorer agerar bidragande för dessa sjukdomstillstånd varav inhalation av dammpartiklar endast är *en*, om än viktig, faktor. Denna typ av aspekter exemplifierar komplexiteten vid bedömning av risker.

11.1.7 Fysisk utvärderingsstudie

Utvärderingsstudien med en fysisk produktrepresentation anses, för det primära syftet med studien, vara av tillfredställande ekologisk validitet eftersom den utfördes i den faktiska miljön. En fördjupad utvärdering under maskindrift och under en längre period krävs dock för att komplettera resultatet och undersöka påverkan av exempelvis maskinvibrationer, eventuell korrosion och upprepad hantering.

11.2 Övergripande process

Under följande stycke diskuteras aspekter som berör hur arbetets övergripande struktur har påverkat resultatet.

11.2.1 Öppen ingång - brist på djup?

Ambitioner har varit att bibehålla en öppen problemformulering så långt som möjligt för att kunna förmedla en så pass bred problembild som möjligt, utan att utesluta några områden eller viktiga, inverkanse aspekter. Problemet med en bred problemformulering kan vara att det slutliga problemområdet förlorar viss detaljnivå, vilket i så fall riskerar att påverka resultatet av den slutliga produktlösningen. Arbetet har planerats med vetskap om den breda ingången och således till stor del kunnat undvika brister i detaljnivå vid fördjupade beskrivning av det valda problemområdet. Djupet i studien har prioriterats till förmån för en detaljerad framtagning av produktionsunderlag, vilket den initiala ambitionen avsåg.

11.2.2 Urvalskriterier

Urvalskriterierna förbättringspotential, produktifierbarhet, generaliserbarhet, befintliga lösningar och personlig inspiration valdes redan i ett tidigt stadium och har haft stort inflytande över de beslut som fattats. Dessa urvalskriterier eller ledord har medfört att en relativt rak och målmedveten process har kunnat upprätthållas under hela projektet; utan att utsvävningar som riskerar att driva projektet i fel riktningar har kunnat uppstå.

11.2.3 Avgränsningarnas påverkan på resultatet

Geografiska avgränsningar till Västra Sveriges bergtäkter har med största sannolikhet ingen större påverkan på de resultat som studien genererat. Branschen är relativt homogen med typiska arbetsmiljöer, arbetssätt och rutiner. Vilka specifika problem som kan uppstå kan möjligen variera med olika klimat och således vara olika påtagliga beroende på region. Vissa regionala skillnader mellan täktpersonalens mentalitet och riskmedvetenhet kan möjligen existera. Sannolikt råder generellt större skillnader mellan olika täkter inom samma region, än det gör på enbart regional basis. Ur ett brett perspektiv kan regionala skillnader anses ha marginell inflytande över det samlade resultatet.

Det kan ej uteslutas att flera av de observerade problemen hade kunnat lösas genom förändringar i arbetsmetoder, policy, organisation eller annan abstrakt lösning. Det specifika problemet med risken att fastna i rörliga delar handlar dock redan i dagsläget om brott mot regler och policy, vilket ger anledning att tvivla på huruvida en abstrakt lösning kan ge önskad effekt.

11.2.4 Planering och organisation

Att följa upp den initiala planeringen vid halva projektgången, med den ökade förståelsen för området och projektets slutpunkt som då hade skapats, innebär att eventuella felbedömningar kunde kompenseras för och det slutliga målet kunde uppnås vid en tillfredställande tidpunkt.

Under projektets initiala planering identifierades ett antal flaskhalsar. Genom att uppmärksamma och reflektera kring metoder för att förhindra att potentiella flaskhalsar påverkar produktutvecklingsprocessen negativt har sådana störningar till stor del kunnat undvikas. Moment som medför externa beroenden, så som tillverkning av utvärderingsmodell förutsågs innebära en potentiell flaskhals och hanterades genom tidig och tydlig kontakt med tillverkare.

11.3 Syfte och mål

Syftet med projektet var att belysa vilka risker som idag finns för en operatör på en bergtäkt. Genom problemstudien har en problembild över täkten tagits fram med flera risker och problemområden. Problemstudien har dock troligtvis inte identifierat alla potentiella risker på bergtäkten, eftersom detta skulle kräva en ännu mer omfattande studie, där alla områden undersöks grundligt. En sådan ytterligare fördjupning fanns dock inte utrymme för i projektet. Projektets andra huvudsyfte var att exemplifiera hur säkerhetssituationen kunde förbättras med hjälp av en produktlösning. Att slutkonceptet uppfyller de krav som definierats medför en säkrare interaktion med vändtrumman och därigenom en förbättrad säkerhetssituation.

Målet med projektets första del, problemstudien, anses ha satisfierats genom att en tydlig problembild över tåkten med hänsyn till operatören har presenterats i projektrapporten. Det kan diskuteras huruvida studien har tagit hänsyn till alla olika sorters operatörer på tåkten när stort fokus har legat på transportörer. Dock anses detta inte förhindra projektets måluppfyllnad, eftersom studien i början hölls bred, för att sedan smalna av och därmed förhålla sig till en något smalare brukargrupp.

Målet med produktframtagningen var att ta fram ett lösningsförslag för en produkt som innebär säkerhetsförbättring med avseende på taktoperatören, inom ett utvalt problemområde på bergtäkter. Då slutkonceptet innebär en klar säkerhetsförbättring, samt har anpassats för att ta hänsyn till brukarens krav anses målet uppfyllas. Delmålet var även att presentera lösningen med hjälp av skisser, renderingar och underlag för konstruktion. Produkten presenteras med hjälp av digitala skisser och renderingar, således anses detta uppfyllas. Konstruktionsunderlaget är framtaget med hjälp av materialspecifikationer och utförlig beskrivning av konceptets utformning.

12. Slutsats

Projektet har till hög grad uppfyllt det grundläggande syftet samt besvarat formulerade frågeställningar.

Identifierat riskområde med bäst förutsättningar för ett produktutvecklingsprojekt mot en säkerhetsprodukt är transportörens roterande vändtrumman. På grund av rådande täktförhållanden och en omfattande problemvidd kring transportörer, krävs frekvent underhåll och service av maskinerna. Som en konsekvens av detta utsätts operatörerna för risken att fastna i vändtrumman i sitt dagliga arbete. De skydd som används idag för att minska skaderisken är överlag undermåliga och till låg grad anpassade efter brukarens behov. Befintliga maskinskydd är generellt otympliga och tunga, vilket medför att omfattande resurser krävs för att demontera dessa vid service. Detta resulterar i att operatörerna motiveras till att inte använda skyddet eller ta riskfyllda genvägar för att istället hålla uppe produktionstakten.

Först och främst skall produkten skydda operatören från riskfylld maskindel. Övriga egenskaper som identifierats för den specifika produkten fokuserar på en brukaranpassad hantering som inte negativt påverkar befintliga förfranden. Kraven för en produktlösning definieras i komplett kravlista.

Slutkonceptet SnapGuard är ett exempel på hur kraven kan mötas för att en produkt skall uppfylla önskat mål: *”förbättra säkerhetssituationen för bergtäktens operatörer”*. Konceptet kan, efter formulerade rekommendationer, vidareutvecklas till en färdig produkt, alternativt användas som diskussionsunderlag kring hur produkter utformas för att passa in i det studerade systemet: bergkross.

Sammanfattningsvis utsätts täktens operatörer för en mängd risker under arbetet och bakgrunden till att risken uppstår är ofta kopplat till en serie komplexa orsaksamband. Detta medför att djupgående systemstudier krävs för varje specifikt område, för vilket en säkerhetsprodukt skall utformas.

13. Nästa steg

Innan en produkt är redo för marknaden krävs några ytterligare steg för att säkerställa fullkomlig kravuppfyllnad och prestanda. Fördjupad studie krävs kring principen för maskinstopp, fullständig säkerhet för att maskinen inte startar under ingrepp måste säkerställas. Med denna aspekt i beaktning kan lämplig sammankoppling fastställas.

En fungerande prototyp av konceptet bör tillverkas och testas under faktiska förhållanden under ett års tid för att kunna utvärdera hållfasthet och motståndskraft mot yttre förhållanden. En brukarutvärdering, förslagsvis i samband med den fysiska prestandautvärderingen, är även att föredra för att säkerställa att samtliga brukarkrav är tillfredsställda. Därefter kan detaljerat tillverkningsunderlag tas fram och en marknadsstrategi kan utformas.

Referenslista

Arbetsmiljöverket (2014). *Arbetsskadestatistik*. <http://www.av.se> (2014-02-12)

Bligård, L-O. (2011) *Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.(Instutionen för produkt- och produktionsutveckling)

Bohgard M et al. (2010) *Arbete och teknik på människan villkor. 2:1*. Stockholm: Prevent.

Chalmers tekniska högskola (2014). *Anvisningar för projektdagbok*. <https://student.portal.chalmers.se> (2014-01-28)

Chalmers tekniska högskola (2014). *Metodappendix*. <http://www.cse.chalmers.se/research/group/idc/ituniv/kurser/06/analys/metodappendix.pdf> (2014-02-20).

Europeiska kommissionen (2014) *Europeiska standarder*. http://ec.europa.eu/index_sv.htm (2014-15-12)

FN-förbundet UNA-SWEDEN (2012) *FN & hållbar utveckling, Rio+20*. <http://www.fn.se> (2014-04-27)

Johannesson H, Persson J-G, Pettersson D. (2004) *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber

Rexfelt, O (2013).
Föreläsning: *2_Usability_intro_2013_utskriftsvänlig.pdf*,
6_Att utforma gränssnitt 1_2013.pdf, *7_Att utforma gränssnitt_2_2013.pdf*

Sveriges bergmaterialindustri (2014). *Bergmaterialindustrin*. www.sverigesbergmaterialindustri.se/ (2014-02-12)

SGU Sveriges geologiska undersökning (2014). *Svensk ballastproduktion*. <http://www.sgu.se/> (2014-02-13)

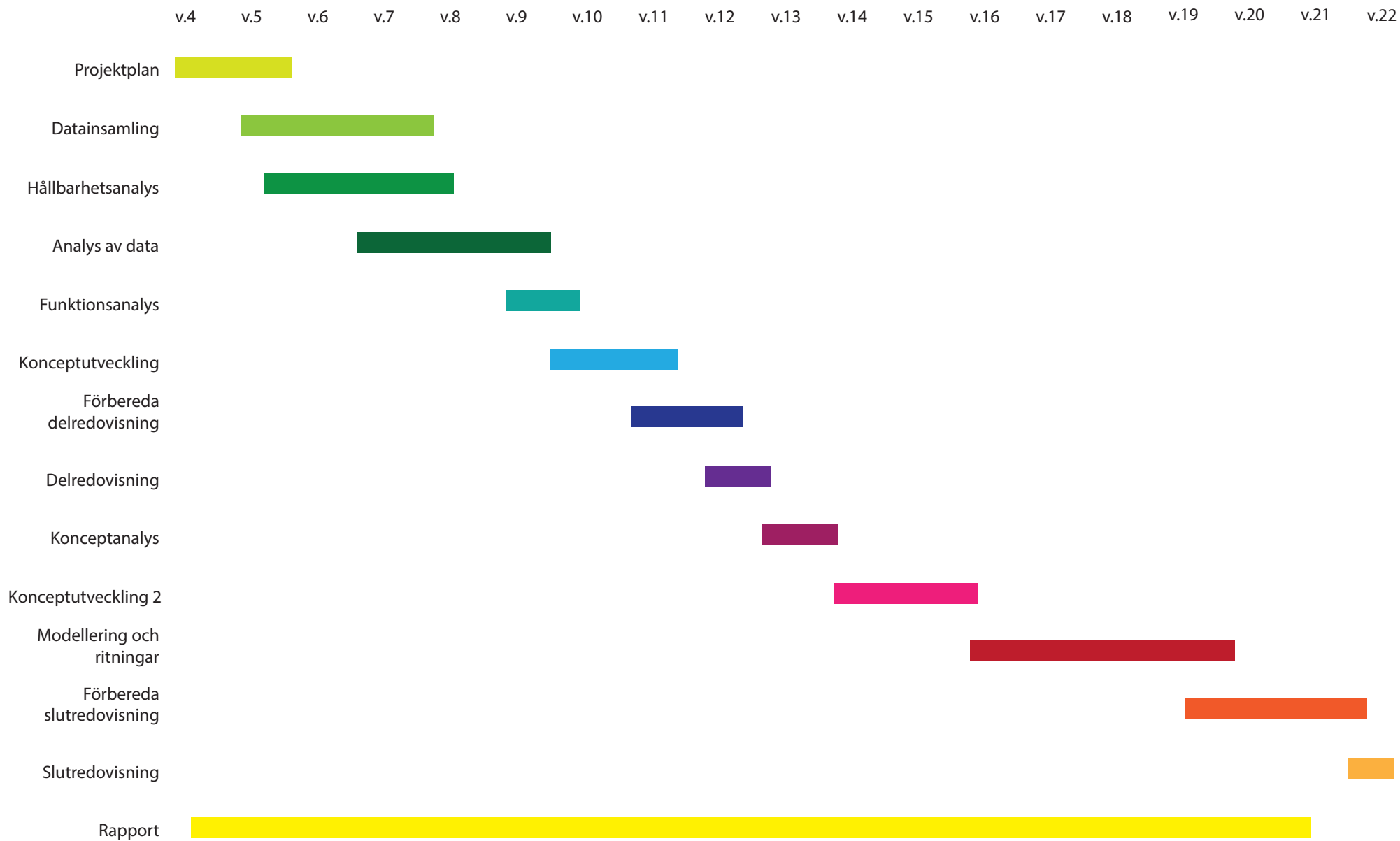
SVID, Stiftelsen Svensk Industridesign (2014). *Hållbarhetsguiden*. <http://www.svid.se/Hallbarhetsguiden/Process/Metoder/Biomimicry/> (2014-04-29)

Wikström, L (2013). *The Product's message. Methods for assessing the product's semantic functions from a users perspective*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola (Instutionen för produkt- och produktionsutveckling)

Bilagor

- I. Initialt GANTT-schema
- II. Urvalskriterier
- III. Intervjuguide
- IV. Riskanalys
- V. Problemvalsmatris
- VI. Fiskbensdiagram
- VII. *Why*-diagram
- VIII. Orsak och konsekvensmatris
- IX. Reviderat GANTT-schema
- X. Intressentanalys
- XI. Konceptvalsmatris
- XII. Inventering transportörer
- XIII. Kravlista

Bilaga I - Initialt Gantt-schema



Bilaga II - Urvalskriterier

Förbättringspotential

Det främsta urvalskriteriet vid val av inriktning var problemområdets förbättringspotential; alltså till vilken grad en framtida lösning erbjuder en möjlighet till att positivt påverka säkerhetssituationen kring operatören.

Produktifierbarhet

Produktifierbarheten, alltså en uppskattning av hur problemen som utgör problemområdet kan motverkas med hjälp av en faktisk produkt värderades högt i urvalet; som en naturlig följd av både kursens ramverk och gruppens intresse.

Generaliserbarhet

Generaliserbarhet, det vill säga möjligheten hos en potentiell produkt att kunna appliceras på en så stor del av SBMI:s medlemstäkter som möjligt vägdes i detta urvalsskede högt.

Inspiration/Intresse,

Detta urvalskriterie utvärderade gruppens subjektiva inställning till arbetsinriktningen.

Befintliga lösningar

Med befintliga lösningar utvärderas huruvida det idag finns befintliga lösningar inom samma eller annan bransch som löser problemet på ett adekvat sätt. Det är även ett mått på om det finns utrymme för en ny produkt inom vald kategori på marknaden.

Urvalskriterie	Viktning
Förbättringspotential	6
Produktifierbarhet	5
Generaliserbarhet	5
Befintliga lösningar	3
Inspirerande/intressant	2

För att väga operatörens säkerhet tyngst i valet av problemområde viktas även *förbättringspotentialen* tyngst. Då *produktifierbarheten* är ett krav från utbildningen viktas den näst högst i urvalet. Eftersom SBMI är en branschorganisation med många medlemstäkter viktas även *generaliserbarheten* högt för nå så många täktooperatörer som möjligt med en potentiell produkt. *Befintliga lösningar* viktades lägre tillsammans med *inspirerande/intressant* i botten av viktningssskalan.

Vi arbetar med att utveckla en **produkt** för att öka säkerheten på stenkrossningstärter. Arbetet är beställt av SBMI.

Först lite formaliteter; du kan när som helst avbryta intervjun och du behöver inte svara om du inte vill. Vi kommer att spela in intervjun men detta är enbart för intern användning och inget som kommer publiceras. Du är naturligtvis helt anonym, varken ditt namn eller arbetsplats kommer komma ut, arbetsgivare och kollegor kommer inte få veta vad du sagt, så du kan vara helt ärlig.

Du får gärna utveckla dina svar och komma med egna funderingar.

Skyddsombud

Fråga 1. Vi har gjort en övergripande studie av flera arbetsplatser och vi tittar i detta skede lite närmare på transportörerna. Har du erfarenhet av arbete med och kring transportörer?

Fråga 2. Hur gammal är du? Hur länge har du arbetat inom branschen stenkross? Tidigare erfarenheter? Utbildning? Hur länge på den specifika arbetsplatsen/arbetsgivaren?

Fråga 3. Vad har du för arbetsuppgifter, hur ser en dag vanlig dag ut på arbetet, Särskilda arbetsuppgifter och befogenheter?

Fråga 4. Mellan tummen och pekfingeret, hur ofta uppstår det problem som kräver service och underhåll kring transportörerna? Finns det statistik på driftstopp?

Fråga 5. Vad är den vanligaste orsaken till haveri på transportörerna?

Fråga 6. Har alla transportörer backstopp? Testas dessa?

Fråga 7. Är problem kring transportörerna på något sätt säsongberoende? (Frost material, slirande band, expanderande gummin?)

Fråga 8. Vilka moment är riskfyllda vid arbete med transportör?

Fråga 9. Kan du berätta om några särskilda moment, ex. byte av drivtrumma eller vändtrumma och riskfyllda moment som uppstår kring dessa? (Hur många, vilka verktyg, arbetställningar)

Fråga 10. Har du sett eller hört talas om tillbud eller olyckor kopplade till transportörer?

Fråga 11. I vilken grad anser du att operatörerna är villiga att rapportera olyckor och tillbud? (Om man själv klantat till det?)

Fråga 12. Hur allvarlig anser du att skadan behöver vara för att operatörerna skall rapportera?

Fråga 13. I vilken grad anser du att cheferna är villiga att rapportera olyckor och tillbud?

Fråga 14. Är risker kring transportörer något det talas om?

Fråga 15. Hur ser mentaliteten ut kring säkerheten bland operatörerna?

Fråga 16. Hur ser mentaliteten ut kring säkerheten bland chefer?

Fråga 17. Hur resonerar operatören kring risktagande när det gäller sin personliga säkerhet kontra kollegornas säkerhet?

Fråga 18. Hur ser säkerhetsrutinerna ut vid arbete kring och med transportörerna, hur lyder instruktionerna vid introduktion? Finns det styrdokument, särskilda arbetsbeskrivningar med säkerhetsrutiner?

Fråga 19. I vilken utsträckning följer operatörer och chefer regler och förordningar? Finns det regler som inte följs? Vad är anledningen till att vissa typer av regler inte följs?

Fråga 20. Finns det skydd kring transportörerna? Uppfyller skydden generellt arbetsmiljöverkets föreskrifter? Används skydden? Upplever du några problem kring skydden som används kring transportörerna?

Fråga 21. Hur ser kommunikationen ut mellan er som arbetar med maskinerna och kontrollrummet som styr dom? Finns det särskilda rutiner kring kommunikationen?

Fråga 22. Har du någon gång hört talas om eller upplevt att säkerheten fått stå tillbaka för att hålla en hög produktionstakt, på din nuvarande arbetsplats eller annan krossanläggning?

Fråga 23. Har du någon gång använt nödstoppet på en transportör i skarpt läge? Testas nödstoppen?

Fråga 24. Ungefär hur ser personalomsättningen ut på denna arbetsplatsen?

Operatör

Fråga 1. Vi har gjort en övergripande studie av flera arbetsplatser och vi tittar i detta skede lite närmare på transportörerna. Har du erfarenhet av arbete med och kring transportörer?

Fråga 2. Hur gammal är du? Hur länge har du arbetat inom branschen stenkross? Tidigare erfarenheter? Utbildning? Hur länge på den specifika arbetsplatsen/arbetsgivaren? Vad har du för arbetsuppgifter, hur ser en dag vanlig dag ut på arbetet, typiska moment?

Fråga 3. Mellan tummen och pekfingret, hur ofta uppstår det problem som kräver service och underhåll kring transportörerna?

Fråga 4. Vad är den vanligaste orsaken till haveri på transportörerna?

Fråga 5. Är problem kring transportörerna på något sätt säsongsberoende? Fryst material

Fråga 6. Finns det några moment som du upplever som riskfyllda vid arbete med transportör?

Fråga 7. Har du sett eller hört talas om tillbud eller olyckor kopplade till transportörer?

Fråga 8. Är risker kring transportörer något det talas om, rent generellt?

Fråga 9. I korthet, hur ser säkerhetsrutinerna ut vid arbete kring och med transportörerna?

Fråga 10. Finns det skydd kring transportörerna? Om ja, används skydden?

Fråga 11. Hur ser kommunikationen ut mellan er som arbetar med maskinerna och kontrollrummet som styr dem?

Fråga 12. Har du någon gång hört talas om eller upplevt att säkerheten fått stå tillbaka för att hålla en hög produktionstakt, på din nuvarande arbetsplats eller annan krossanläggning?

Fråga 13. Har du någon gång använt nödstoppet på en transportör?

Bilaga IV - Riskanalys

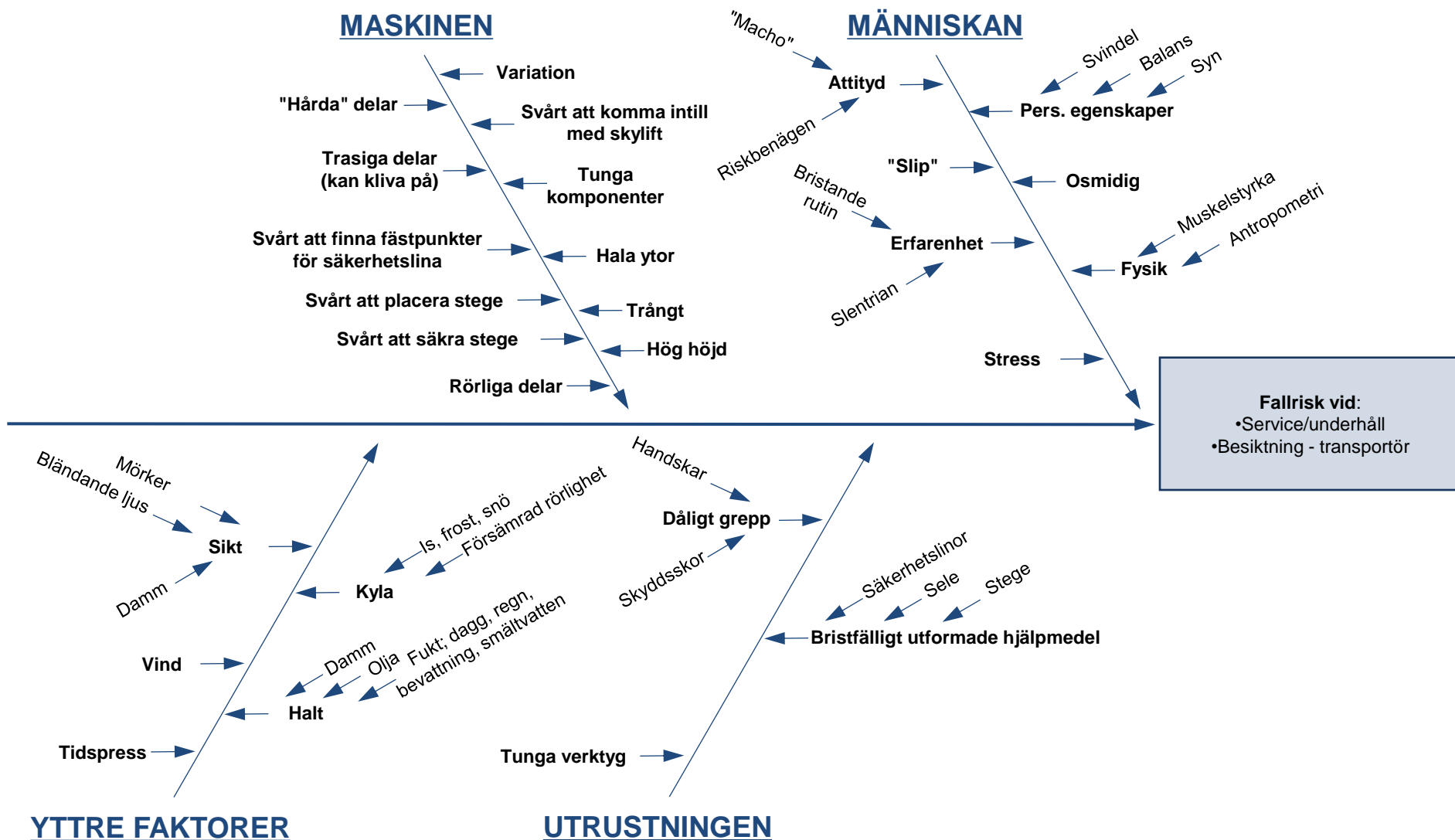
Problem	Orsak	Konsekvens	Namn	Allvarlighetsgrad	Sannolikhet	Totalt
Trafik						
	Dålig uppmärksamhet	Krock	T1	6	8	14
	Dålig sikt från förarhytt	Krock	T2	7	6	13
	Dåligt utformat trafiksystem	Krock	T3	5	5	10
Transportband						
	Klämskada vid service	Person/materialskada	TB1	3	7	10
	Fastnar med kroppsdel	Grav personskada	TB2	8	6	14
Damm						
	Inandning av stendamm	Lungsjukdom	D1	8	5	13
	Dålig sikt	Olycksfall	D2	6	6	12
Fallrisk						
	Halka/smuts	Personskada	F1	6	7	13
	Dåliga fallskydd	Personskada	F2	5	7	12
Underhåll & Service						
	Lång stopptid	Personskada	US1	5	3	8
	Felkommunikation	Personskada	US2	6	4	10
	Regelbrott	Personskada	US3	6	7	13
	Extern personal	Dålig översikt	US4	3	6	9
Maskinskydd						
	Komplicerade skydd	Skydd används ej	M	5	7	12
Vibrationer						
	Vibration i maskin	Personskada	V1	3	8	11
	Vibration i kontrollrum	Personskada	V2	2	6	8

Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)
Nivå 0 = Osannolik	Nivå 0 = Betydelslös.
Nivå 3 = Mindre sannolik, inträffar var 5e år.	Nivå 3 = Låg, lite påverkan på människor (liv och hälsa).
Nivå 5 = Möjlig, kan inträffa under året.	Nivå 5 = Hög, stor påverkan på människor (liv och hälsa, flertal skadade).
Nivå 8 = Sannolik, inträffar flera gånger per år.	Nivå 8 = Mycket hög, mycket stor påverkan på människor (liv och hälsa, flertal döda eller svårt skadade).

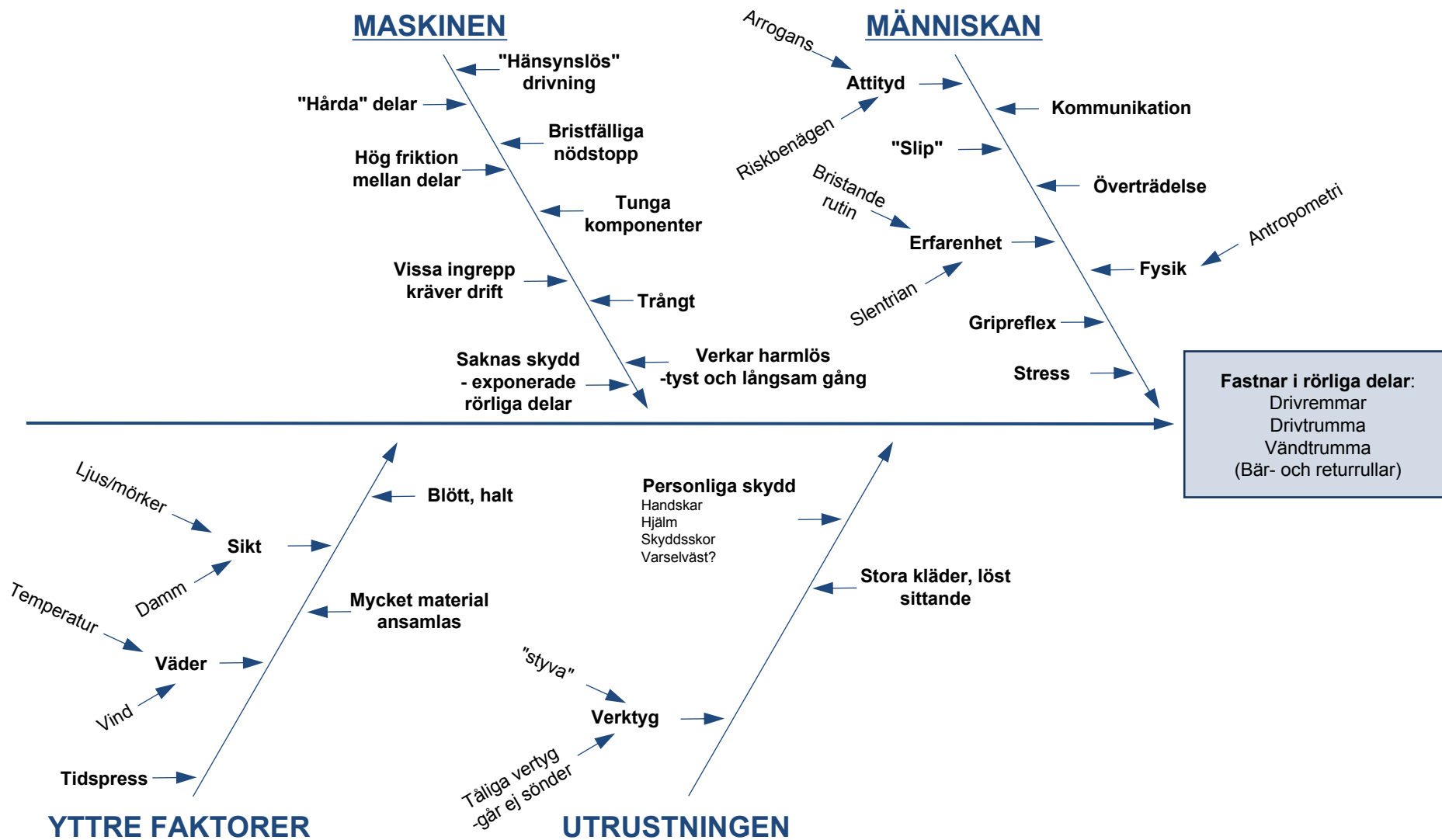
Bilaga V - Problemvalsmatris, transportörproblem

Problemområde	Förbättringspotential	Produktifierbarhet	Generaliserbarhet	Inspirerande, roligt	Befintliga lösningar	Kompetens	Adaptabilitet	Effektivitetsförändring	Summa	Summa viktning	
Fastnar i rörlig maskindel	4	4	3	3	3		"+"	"+"	21	13,16666667	
Skada vid service	4	4	3	4	3		"++"	"++"	22	13,66666667	
Dålig ergonomi vid service	4	2	3	2	4		5 "++"		20	12,16666667	
Buller	2	4	4	1	1		4		16	10,33333333	
Damm	3	3	5	3	3		3 "-"	"-"	20	12	
Vibrationer	3	1	3	1	2		3		13	7,83333333	
Kommunikationsproblem	4	4	4	3	2		3 "++"	"+"	20	12,5	
Backskydd	4	4	4	1	1		3		17	11	
Nödstopp(automatiska?)	4	3	4	2	2		3		18	11,16666667	
Inbördes viktning	4	5	3	3	3		4				
Definition	-Det erbjuds stora möjligheter att göra skillnad riskmässigt -Riskanalys ligger delvis till grund för viktningen	-Möjlighet att lösa problemet med en faktisk produkt	-En potentiell lösnings möjlighet att applicera på många anläggningar	-Givande för gruppen att arbeta med.	-Hög poäng innebär att det finns utrymme för gruppens lösningar i brist på befintliga lösningar.	-Hur väl gruppens kompetenser kan tillvaratas i ett potentiellt problemområde -Våra kompetenser inefattar bland annat ergonomi, usability, människa maskinsyn, varför människor gör som dom gör i en viss situation och en viss kontext? Brett och öppet lösningstänkande. -Personliga kompetenser bred intressesfär, teknik, modellering, innovationer.	-Förutsättningar för att användaren kan ta till sig produkten	-Hur förändras produktiviteten -Operatörens perspektiv -Produktionens perspektiv			

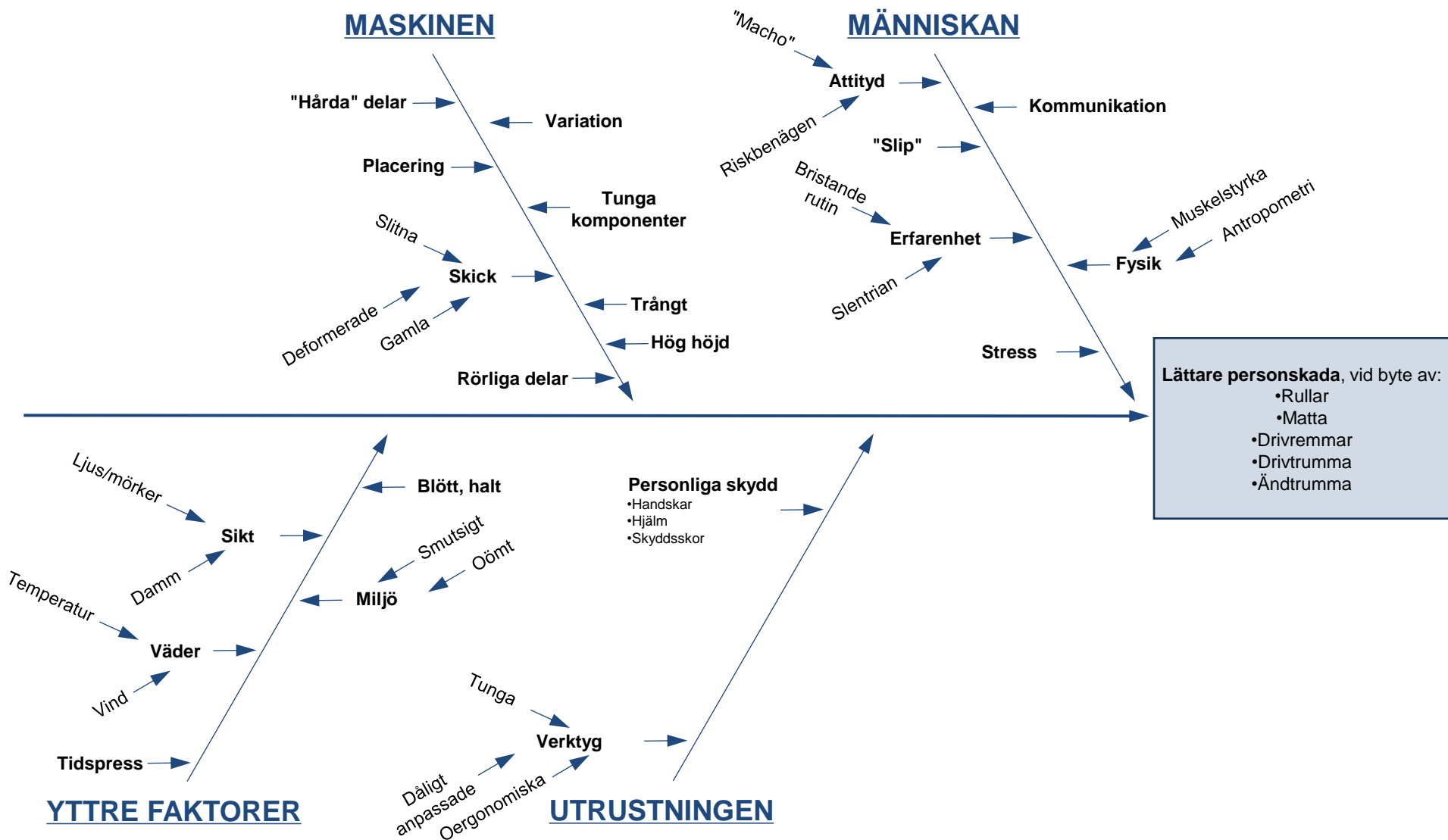
Orsaksdiagram



Orsaksdiagram

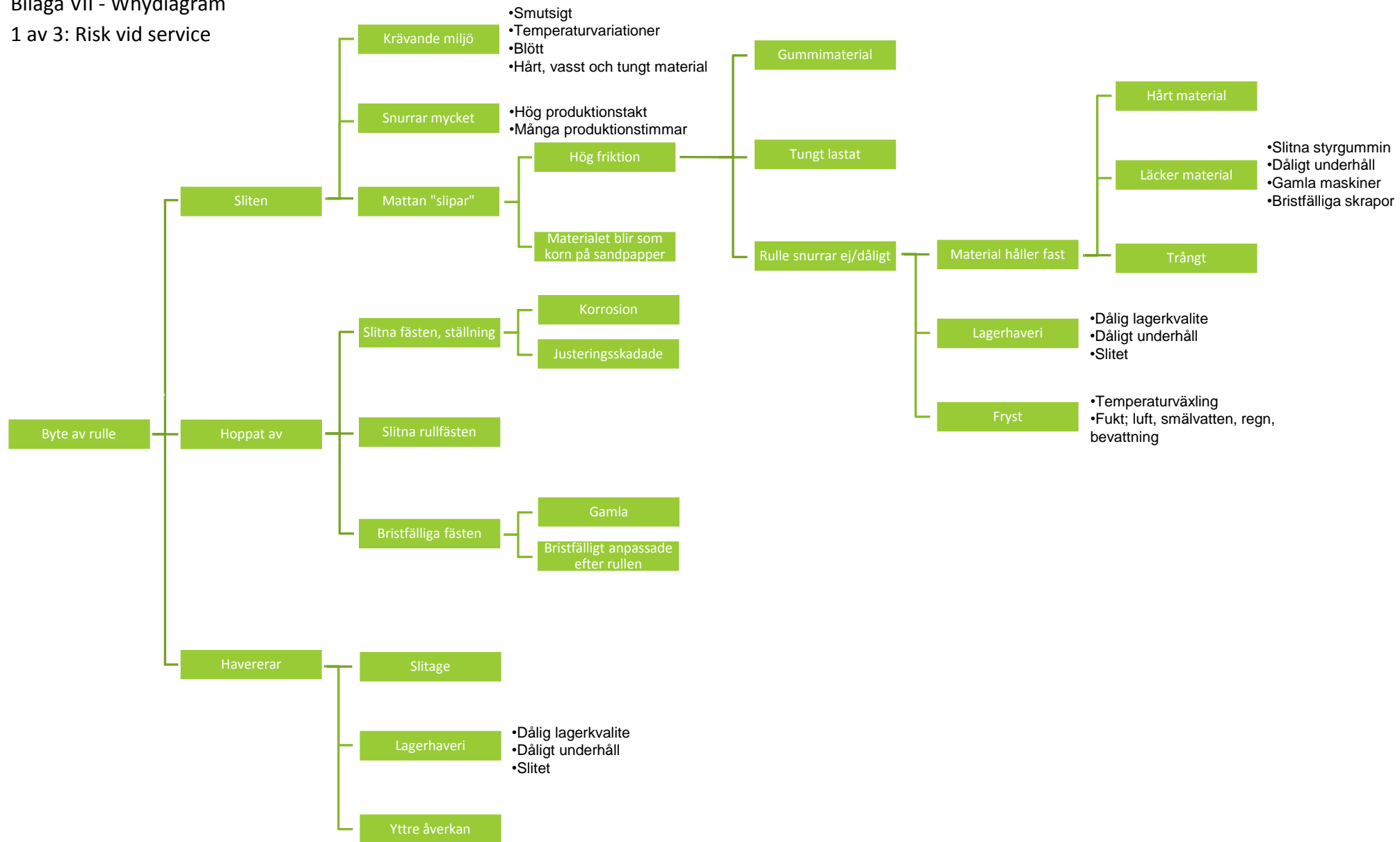


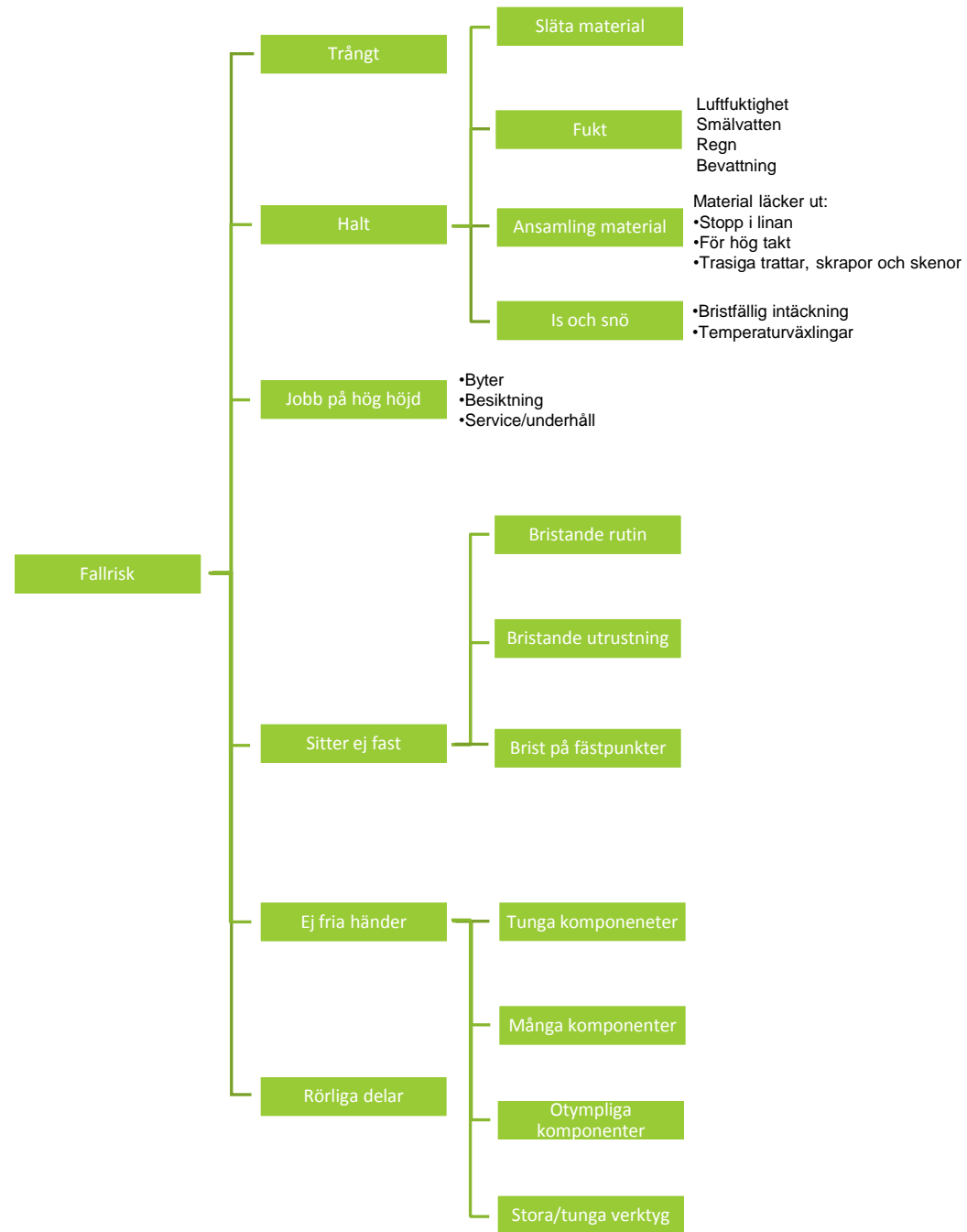
Orsaksdiagram



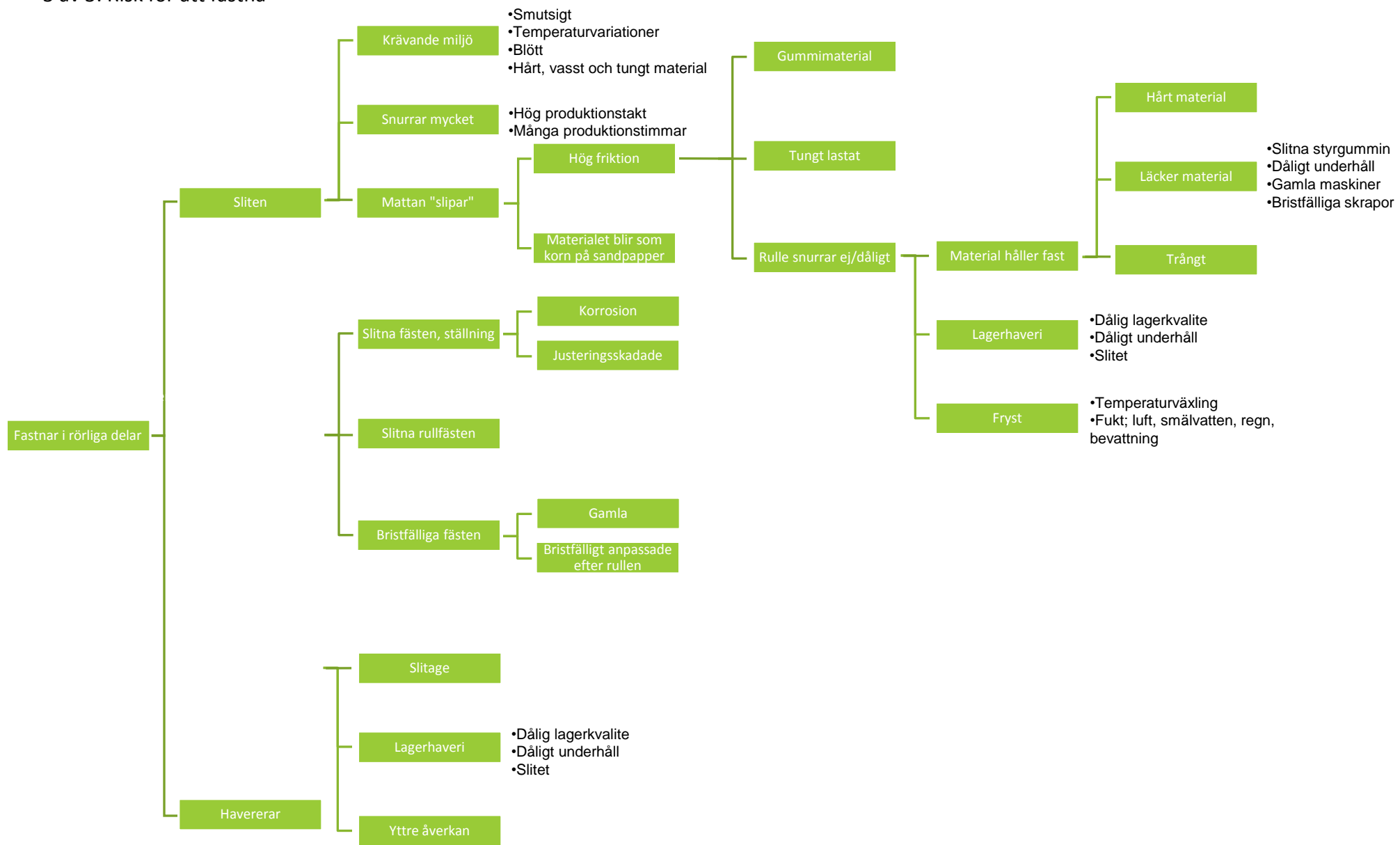
Bilaga VII - Whydiagram

1 av 3: Risk vid service





3 av 3: Risk för att fastna



Ingrepp	Riskbeskrivning	Var?	Problem	Allvarlighetsgrad	Sannolikhet för inträffande av olycka vid spec. ingrepp
Avlägsna material som har fastnat	-Petar bort material som fastnat med verktyg eller hand	-Alla rörliga delar	-Vändtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Drivtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Bärrulle(fastnar med kroppsdel mellan matta och rulle) -Returrulle(fastnar med kroppsdel mellan matta och rulle) -Matta(fastnar mellan matta och stomme)	-Mycket hög -Mycket hög -Medel -Låg -Hög	-Hög -Låg -Medel -Låg -Medel
Åtgärda rulle som har stannat	-Knackar på dom med verktyg -Petar bort material som fastnat med verktyg eller hand	-Framst bärrullar och returrullar(stöd)	-Fastnar mellan rulle och band och/eller fast del	-Medel	-Hög
Justera skrapa	- Med hjälp av hand eller verktyg	-Bakkant tratt, dikt an transportband	-Fastnar mellan skrapa och band och/eller fast del	-Hög	-Medel
Åtgärda matta som går snett	-Trycka på matta	-Framförallt vid vänd- eller drivtrumma	-Vändtrumma -Drivtrumma	-Mycket hög -Mycket hög	- Hög - Hög
Åtgärda matta som slirar	-Spraya greppspray på drivtrumma	-Drivtrumma	-Fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma	-Mycket Hög	-Medel
Byta matta	-Rycker fram band	-Alla rörliga delar	-Vändtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Drivtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Bärrulle(fastnar med kroppsdel mellan matta och rulle) -Returrulle(fastnar med kroppsdel mellan matta och rulle) -Matta(fastnar mellan matta och stomme)	-Mycket hög -Mycket hög -Medel -Låg -Hög	-Hög -Hög -Låg -Låg -Medel
Rätta till spännslåde som gått snett	-Justerar med vertyg, manuellt	-Spännslåde, placerad vid nederdel av transportband	-Vändtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Matta(fastnar mellan matta och stomme)	-Mycket hög -Hög	-Hög -Hög
Avlägsna ansamlad material	-Gräver rent under transportör -Sträcker in verktyg för att avlägsna material som går runt i vändtrumman	-Nederdelen av transportören -Framförallt vändtrumma	-Vändtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Matta(fastnar mellan matta och stomme)	-Mycket hög -Hög	-Hög -Hög
Justera plog	-Justerar plog som satts ur läge	-Vändtrumma	-Vändtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Matta(fastnar mellan matta och stomme)	-Mycket hög -Hög	-Hög -Hög
Tömma band på material	-Tömmer bandet med verktyg,eventuellt samtidigt som mattan rycks fram för att tömma	-Längst hela bandet, ovanpå bandet.	-Drivtrumma(fastnar med kroppsdel mellan matta och trumma) -Bärrulle(fastnar med kroppsdel mellan matta och rulle) -Fastnar med kroppsdel/verktyg/utrustning mellan matta och rörlig del	-Mycket hög -Medel	-Låg -Låg
Besiktning	-Allmän vistelse kring transportören	-Alla rörliga delar	-Fastnar med kroppsdel/verktyg/utrustning mellan matta och fast del	-Låg till mycket hög	-Låg
Övrigt arbete kring transportör	-Allmän vistelse kring transportören	-Alla rörliga delar	-Fastnar med kroppsdel/utrustning mellan matta och rörlig del -Fastnar med kroppsdel/utrustning mellan matta och fast del	-Låg till mycket hög	-Låg

Bilaga X - Intressentanalys

Kursiverade intressenter har lågt eller inget inflytande kopplat till transportörer.

Intressent	Beskrivning och intresse	Inflytande	Transportörspecifikt
SBMI	<p>Branschorganisation Flera olika medlemmar, konkurrenter, små till större tåcter. Övriga medlemmar: Tillverkare, externa krosskonsulter. Medlemmar betalar 2 milj el 4 öre/ton till forskning. SBMI har inga egna inkomster.</p> <p>Önskar minska produktionen av naturgrus, värnar om miljön, och arbetsplats säkerheten. Vill ändra synen på branschen; "från leverantör av gruslast till leverantör av kvalificerat byggmaterial"</p>	Hög	Önskar högre säkerhet och färre olyckor och tillbud vid arbete med och kring transportörer. Färre driftsstopp på transportörer.
Externa transportbolag	<p>Uppehåller sig på området, både i och utanför fordon. Ingen säkerhetsutbildning? Ingen direkt interaktion med maskiner i området, blir lastade av maskin och trafikerar samma vägar som tung intern trafik. Ingen skyddsutrustning(chaufför) Eventuellt begränsad kännedom om området och föreskrifter Stora och tunga fordon Hög trafiktäthet Vinstdrivna, små marginaler → stora volymer. Kräver snabba transporter.</p>	Låg	
Externa krossbolag	<p>Uppehåller sig på området, en längre och möjligen bestämd tid Svåra att skilja från interna krossbolag</p> <p>Konkurrerar Vinstdrivna</p>	Låg	Har transportörer på egna maskiner, påverkas i mindre grad av stopp i fasta transportörer då de oftast levererar förkrossat material.
Externa inhyrda skutknackare	<p>Utsätter övrig tåkt för fara Eventuellt konflikterade säkerhetskrav(regler från arbetsgivare, regler på tåkt)</p> <p>Prestationsdriven</p>	Låg	
Externa/Interna	<p>Sporadiskt arbete, från 1ggr/v - 1ggr/mån Högt säkerhetstänk</p>	Låg	

sprängare	Förberedelser sker i närhet av operatörer - risk		
Interna operatörer	Kan ha många olika arbetsuppgifter Vistas på många olika ställen på tåkten Har en ganska avslappnad inställning till säkerhet Rutinmässigt/slenetrianmässigt beteende Ansvariga inför cheferna Införstådda i säkerhetsregler Använder säkerhetsutrustning(glasögon, hjälm, varselväst, skyddsskor) Berädda att ta risker Ovarsamma med utrustning Påtvingad drivkraft uppifrån - lön i slutet av månaden Underhåller anläggningen - men inga specialister	Hög	Byter rullar, remskydd och utför all service av transportörerna. Flyttar reservdelar, rensar stopp, städar kring transportörerna. Agerar reaktivt, gör det arbetet de blir tilldelade men går ej ur sin egen väg för att minska risken för framtida problem. Sker när transportörerna ej är igång. Uppehåller sig i miljön och utför vissa småjusteringa samt vissa ingrepp som kräver att transportörerna rullar.
Skyddsombud	Samma anställningsvillkor som operatör - frivilligt arbete Befogenhet att stänga ner anläggningen vid påtaglig säkerhetsrisk Utökad säkerhetskänning och utbildning Reflekterar över säkerhetssituationen, får inputs utifrån. Känner ansvar för säkerhetssituationen?	Hög	Utför samma arbete som övriga operatörer, eventuellt mer benägna till proaktivt arbete.
Interna/externa servicetekniker	Arbetar oftast vid driftstopp Kommunikation med personal som de inte känner Känner möjligtvis inte till säkerhetsrutinerna Begränsad områdes- och maskinkännedom för den specifika tåkten God övergripande maskinkännedom	Hög	I princip samma som operatörer Kan vara problem med kommunikation med intern personal.
Privatkunder	Dålig områdeskännedom Dålig kännedom angående säkerhetsföreskrifter och regler Färdas i små och svårupptäckta fordon - inga varseljuss Ingen skyddsutrustning Liten erfarenhet Rimligtvis stor respekt för området	Låg	
Anläggningchefer	Säkerhetsansvar för samtliga aktörer på tåkten Effektivitetskrav ovanifrån	Hög	Intresserade av produktionstakten, att transportörer rullar under planerad

	<p>God kännedom om säkerhetsföreskrifter och regler Driver säkerhetsarbetet Stort inflytande över personalen Kan tvingas göra olika arbetsuppgifter Vistas varierande tid i tåkten Färdas oftast i oskyddade fordon Vissa utför samma uppgifter som operatörer Varierande utbildning och bakgrund Risk för slentrianmässigt beteende Använder säkerhetsrustning Ansvariga för att övergripande regler följs. Ansvar för personalhälsan</p>		<p>produktion och att service och underhåll kan förläggas till planerade serviceperioder. Personalhälsan, att ingen operatör skadas i kontakt med transportörer. Minimala kostnader för underhåll. Arbete och reservdelar.</p>
Lag och förordning - Staten/Arbetsmiljöverket	<p>Myndighet som kontrollerar om relevanta regler och lagar efterföljs Har rätt att stänga ner arbete som ej sköts</p>	Hög	
On-site företag (asfalt, betong, etc.)	<p>Verkar inom tåktens område Nära kontakt med operatörer och maskiner Insatta i säkerhetsföreskrifterna Svåra att skilja från interna operatörer</p>	Medel	<p>Transportörer kan leda från stenkross och in i betong och asfaltsanläggningar. Beroende av att ballasten når tillverkningsstationerna i tillräckliga volymer. Har egna transportörer.</p>
Ägare	<p>Krav på optimerad utdelning. Dvs. största möjliga intäkter och minimala kostnader. Krav på få/inga olyckor Önskar ett gott rykte i media, bland personal, kunder och i branschen i stort.</p>	Medel	<p>Hög produktionstakt Hög driftsäkerhet Låga inköpskostnader? Låga servicekostnader.</p>
Kontorspersonal	<p>Ingen direkt kontakt med tåkten - kontor beläget utanför eller i utkant av tåkt Införstådda i säkerhetsrutinerna</p>	Låg	
Företagskunder	<p>Intresse i materialet som utvinns Oftast kontakt med den övre ledningen</p>	Låg	
Närliggande	<p>Kan påverkas av, oljud, damm, vibrationer</p>	Låg	

bebyggelse, privat och kommersiell	Kan påverka tåktens drift; expansion, driftstider, storlek på sprängningar		
Transportörtillverkare	Kan ha ekonomiska intressen i en eventuell produkt	Medel	
Reservdelsförsäljare/tillverkare	Säljer förslitningsprodukter, reservdelar och andra komponenter till banden. Ex. Band, rullar, maskinskydd, drivremmar, olja för smörjning. Eventuellt aktivt ointresserade av minskat underhåll.	Medel	
Inköpsansvarig bergmaterialindustrin	Ansvarar för inköp av maskiner och utrusning	Medel	

Kravbaserat urval

	Kravets vikt	Instant stop	Modulus	Kill switch	Easy Guard
Tåla svenskt klimat	4	1	3	2	4
Tåla täktmiljö	4	1	3	2	4
Medge hantering av en opertör	4	4	1	3	2
Medge ergonomisk hantering	4	4	2	3	1
Uppfylla riktlinjer för god <i>usability</i>	3	1	3	4	2
Medge bestämning av systemets status	3	4	3	1	2
Medge justering av matta under gång	3	1	2	4	3
Medge byte av bär- och returrullar	3	3	1	4	2
Medge byte av vändtrumma	4	4	1	3	2
Medge byte av matta	2	4	1	3	2
Medge smörjning av komponenter	2	3	2	4	1
Medge avlägsning av ansamlat material	5	1	4	3	2
Ej bidra till nya problem	4	1	2	4	3
Ej bidra till uppbyggnad av material	4	3	2	4	1
Ej påverka produktionstakt negativt	4	1	4	3	2
Ej orsaka omotiverad lång tid för att förbereda transportör för service	3	2	4	1	3
Summa		38	38	48	36
Summa viktning		128	137	167	128

Egna urvalskriterier

		Instant stop	Modulus	Kill switch	Easy Guard
Adaptabilitet	4	1	2	4	3
Generaliserbarhet	4	3	1	4	2
Tillförlitlighet	5	3	4	1	2
Kostnadsuppskattning	2	1	2	3	4
Implementeringsinsats	2	1	2	3	4
Uppfyllnad av effektmål(säkerhetsförbättring)	5	1	4	2	3
Påverkan prduktionstakt	3	1	3	4	2
Summa		11	18	21	20
Summa viktning		43	69	71	67

Bilaga XII - Inventering transportörer

Nummer	Rulle diam. [mm]	Stombredd [mm]	Rullbredd [mm]	Stomhöjd [mm]	Bakkant till centrum [mm]	Centrum til matning [mm]
1	500	800	650	250	850	450
2	300	900	650	400	600	900
3	400	900	650	250	650	400
4	400	900	650	250	400	0
5	400	850	650	200	-	550
6	300	1150	750	600	300	450
7	300	1000	750	750	500	1300
8	300	1000	750	500	300	250
9	300	950	750	500	500	300
10	350	950	750	500	500	1800
11	400	950	700	-	>2000	>2000
12	600	900	670	-	-	600
13	600	900	670	-	-	600
14	600	900	670	-	-	600
15	500	850	650	500	800	350
16	500	850	650	500	800	350
17	500	850	650	500	800	350
18	500	850	650	500	800	350
19	300	800	650	500	400	>2000
20	400	1250	950	700	1200	900
21	400	800	500	600	600	600
22	400	1200	950	400	1350	1600
23	400	1300	1100	500	400	400
24	400	900	650	700	250	500
25	600	1300	850	1000	0	1000
26	600	1200	950	-	-	1500
27	400	1500	1050	-	-	>2000
28	500	1300	1050	400	800	700
29	500	1300	1050	400	800	700
30	300	1400	1000	500	300	300
31	300	1300	1000	300	400	250
32	500	1200	1000	900	300	1000
33	400	950	650	300	400	400
34	400	950	650	300	400	400
35	300	1300	1000	350	250	700
36	500	1300	1000	-	-	600
37	300	1000	750	400	700	350
38	400	850	650	400	400	200
39	500	1400	1100	900	1600	>2000
40	400	1400	1100	700	700	>2000
41	400	1400	1100	-	700	-
42	400	1400	1100	-	700	-
43	400	1400	1100	-	700	-
44	400	1400	1100	-	700	-
45	400	1400	1100	-	700	-
46	400	1400	1100	-	700	-
47	300	1400	1100	400	700	>2000
48	300	1400	1100	>2000	800	>2000

Kravlista

Avlägsna/reducera risken för operatören kring transportörernas rörliga delar.

- Genom att omöjliggöra direkt kontakt med *rörlig* maskindel, där fokus för effekten koncentreras till vändtrumma.
- Primärt för operatör men med övriga personer i beaktning.

1.	Kontextuella krav. En produkt skall:	Viktning
1.1	<i>Tåla svensk klimat:</i>	4
1.1.1	Nederbörd	
1.1.2	Vind	
1.1.3	Kyla	
1.2	<i>Tåla täktmiljö:</i>	4
1.2.1	Damm	
1.2.2	Vibrationer	
1.2.3	Oöm behandling	
1.2.4	Olja och lösningsmedel	
2.	Användarkrav. En produkt skall:	
2.1	Medge hantering av en operatör	4
2.2	Medge ergonomisk hantering	4
2.3	Uppfylla riktlinjer för god <i>usability</i>	3
3.	Processrelaterade krav. En produkt skall:	
3.1	Medge bestämning av systemets status	3
3.2	Medge justering av matta under gång	3
3.3	Medge byte av bär- och returrullar	3
3.4	Medge byte av vändtrumma	4
3.5	Medge byte av matta	2

Bilaga XIII – Kravlista

3.6	Medge smörjning av komponenter	2
3.7	Medge avlägsning av ansamlad material	5
3.8	Ej bidra till nya problem	4
3.9	Ej bidra till uppbyggnad av material	4
3.10	Ej påverka produktionstakten negativt	4
3.11	Ej orsaka omotiverat lång tid att förbereda transportör för service	3
4.	Produktspecifika krav. En produkt skall:	
4.1	Uppfylla krav för CE-märkning*	5
4.2	Medge ersättning av skadad produktkomponent	2
4.3	Medge anpassning till transportörer av olika modeller och fabrikat	4
4.3.1	Medge anpassning till stombredd: 800[mm]- ≤1450[mm]	
4.3.2	Medge anpassning till <i>avstånd bakkant transportör</i> → <i>centrum vändtrumma</i> : 0[mm] - 1000[mm]	
4.3.3	Medge anpassning till <i>avstånd centrum vändtrumma</i> → <i>framkant matare</i> : 0[mm] - <2000[mm]	
4.4	Vara robust tillverkade	3
4.5	Sitta stadigt på plats	4
4.6	Inte ge upphov till någon ytterligare riskkälla	5
4.7	Motverka medveten överträdelse/bygling	3
4.8	Uttrycka säkerhet till den nivå som produkten faktiskt erbjuder	4
4.9	Medge avskiljning mellan operatör och rörlig vändtrumma	5
4.10	Medge ergonomisk hantering	2
4.10.1	Handtag anpassas antropometriskt efter 95-percentil man	
4.10.2	Vikten på enskilda komponenter får ej överstiga 10kg	
	*Enligt ISO 12100, EN 953+A1, EN 620+A1	
5.	Önskemål. Produkten bör:	
5.1	Vara återvinningsbar	1
5.2	Innebära fördel för användaren	4

Bilaga XIII – Kravlista

5.3	Tydliggöra korrekt hantering	4
5.4	Påminna om säkert beteende	3
5.5	Uppmuntra till användning	3