Utvecklingsprojekt nr 12970

MEKANISERAD SKROTNING I SMÅ BERGTUNNLAR

Tommy Ellison

Slutrapport 2016

MEKANISERAD SKROTNING I SMÅ BERGTUNNLAR

Förord

Detta projekt har genomförts av en intern projektgrupp bestående av Daniel Lillieroth (arbetschef), Ralf Olsson (platschef), Niklas Gustafsson (kvalitet/miljö/arbetsmiljö), Mats-Erik Edvardsson (huvudskyddsombud), Kent Olsson (områdesansvarig skrotare). Undertecknad fungerade som projektledare.

En referensgrupp har följt projektet och hjälpt till med nyttiga kommentarer. Medlemmarna i referensgruppen är Roger Carlsson (Kretslopp och vatten), Kent Lundin (TeliaSonera), Lars-Erik Jonason (Arbetsmiljöverket), Robert Nagy (SEKO/NCC) samt Göran Ajling (NCC).

Vi tackar projektgruppen och referensgruppen för ett gott samarbete. Dessutom riktas ett tack till Johannes Nilsson och Urban Lundström (Vimek), Gunnar Bystedt och Conny Robertsson (Brokk), Markus Hamreby (Cidema), Stefan Nordvall (Nordsvets) och Peter Norman (N-mek).

Till sist vill vi tacka för stödet från SBUF som gjorde detta projekt möjligt.

Göteborg juni 2016

Besab AB

Tommy Ellison

MEKANISERAD SKROTNING I SMÅ BERGTUNNLAR

Sammanfattning

Tunnlar och bergrum måste underhållas för att upprätthålla en säker funktion. Bland annat behöver bergytor kontrolleras med avseende på lösa stenblock. Underhållsskrotning i underjordiska berganläggningar utförs vanligtvis manuellt vilket innebär risk för stenras med påföljande personskador samt dålig arbetsmiljö genom att arbetet är fysiskt påfrestande. Ett tillbud inträffade 2013, dessbättre utan personskada, vilket satte fokus på riskerna. Det är därför av största vikt att finna en bättre arbetsmetod för denna typ av arbete.

I detta projekt har undersökts vilket regelverk som gäller för underhållsskrotning och vilka möjliga lösningar som finns på marknaden för att mekanisera detta arbete. Denna inventering gav inga bra svar, särskilt inte i små tunnlar med känsliga installationer som det ofta är fråga om. Projektet fick därför inriktas på att utveckla en maskin som är anpassad för mekanisk skrotning i små bergtunnlar.

En kravspecifikation, eller önskelista, sattes upp för att bilda en ram för det fortsatta arbetet. En kort sammanfattning av dessa önskemål är: tunnelarea 8-20 kvadratmeter, torra tunnlar eller våta med vattendjup upp till en meter, mycket känsliga installationer i form av kablar och rör som måste skyddas, i vissa tunnlar saknas elförsörjning och belysning. Det fanns också önskemål att kunna använda maskinen för transport av nedskrotat berg samt som servicefordon vid utförande av viss bergförstärkning.

Därefter inriktades utvecklingsarbetet på att finna en kombination av befintliga maskinkomponenter som kan uppfylla dessa krav så bra som möjligt. Efter en genomsökning av marknaden fann vi att en ombyggd skogsmaskin från Vimek och en rivningsrobot från Brokk kunde uppfylla flertalet baskrav. Ett bergflak med vissa specialfunktioner måste dock specialtillverkas för att åstadkomma en komplett enhet. Vid sammanfogning av dessa komponenter medverkade personal med stor vana vid bergunderhåll, för att maskinen skulle bli så bra anpassad som möjligt för skrotningsarbete i de aktuella tunnlarna och säkerställa arbetsmiljöaspekter.

När utrustningen var färdigställd samlades dokumentation om komponenterna, en driftmanual upprättades och maskinen testkördes i olika situationer. Detta arbete resulterade i att maskinen kunde förses med CE-märkning som garanterade att dess funktion uppfyller EU-kraven.

När detta var klart fick personal en kort utbildning i användning av utrustningen, något som förenklades av att den aktuella personalen hade varit med i slutskedet av tillverkningen. En provkörning och test i en verklig tunnel utfördes, och utvärderingen av dessa tester utföll till belåtenhet. Det är projektgruppens gemensamma uppfattning at denna utrustning kommer att bidra till en stor förbättring av säkerheten vid underhållsskrotning i små bergtunnlar och att risken för belastningsskador och förslitningsskador reduceras avsevärt.

Tommy Ellison

MEKANISERAD SKROTNING I SMÅ BERGTUNNLAR

Summary

Tunnels and rock caverns must be regularly maintained to remain secure with appropriate functionality. Among others rock surfaces have to be checked in order to take care of unfastened rock fragments and blocks. Maintenance scaling in underground rock facilities is normally executed manually which means risk for falling blocks with person injury and poor work environment due to physical strain. An incident occurred 2013, which focused the risks. Therefore it is an urgent matter to find a better method for this kind of work.

This project has investigated regulations valid for maintenance scaling and possible solutions available in order to mechanize this work. The result was poor, especially in small tunnels furnished with sensitive installations, which is often the case. The project then turned to develop equipment aimed for mechanical scaling in small rock tunnels.

A specification of requirements, or desired properties, was then set up to guide the continuing project. A short summary of these desires: transversal tunnel area 8-20 square meter, dry tunnels as well as wet with water depth up to one meter, very sensitive installations such as cables and pipelines which must be protected, no electric power and no lightning installed in some tunnels. It is also requested to use the machine for transporting scaled rock out of the tunnel and also as service vehicle in order to execute required rock support.

The next aim was to find a combination of components that was able to fill the wanted properties as good as possible. After scanning the market we found that a rebuilt forestry harvester branded Vimek and a demolition robot from Brokk were able to meet most requirements. A rock loading platform with special functions was needed to design and manufacture to complete. When uniting the components to a complete equipment specialist rock maintenance personal were involved to ensure best possible adaption for scaling in the actual tunnels and to assure working environment aspects.

When the equipment was completed risk assessment was being done, component documentation was combined to a manual and the machine was tested in different modes. After completing details, a CE-certificate that guaranteed functionality according to EU machine directive requirements, was written by the coupling firm.

Finally the operators got additional instructions due to learn secure handling, which were eased by actual personnel have been involved in finalizing the equipment. Driving and test scaling in a real tunnel was then executed, and the evaluation of these tests was satisfying. It is the project group common opinion that the developed equipment can contribute to considerably increased safety in maintenance scaling of small rock tunnels and that working environment will be significantly improved compared to manual scaling.

Innehållsförteckning

1. Bakgrund 2

1.1. Bergrensning i tunnlar 2

1.2. Arbetsmiljö 2

2. Syfte 4

3. Nuläge 4

4. Förutsättningar 7

4.1. Tekniska egenskaper 7

4.2. Små bergtunnlar 7

5. Regelverk 8

5.1. Arbetsmiljölagen 8

5.2. Arbetsmiljöverkets anvisningar 9

5.3. AMA Anläggning 10 10

7. Kravspecifikation 11

7.1. Mått 11

7.2. Mobilitet 12

7.3. Användningssätt 12

7.4. Skydd och uppsamling 12

7.5. Belysning och säkerhetssystem 13

8. Vald lösning 13

8.1. Bärare 14

8.2. Skrotningsrobot 14

8.3. Bergflak med multifunktion 15

8.4. Slutmontering och komplettering 16

9. Övriga åtgärder 17

9.1. CE-märkning 17

9.2. Utbildning av operatörer 17

9.3. Testkörning i tunnelmiljö 18

10. Slutkommentarer 20

Bilaga 1 Riskbedömning

Bilaga 2 CE-märkning

1. Bakgrund

1.1. Bergrensning i tunnlar

Bergrensning eller skrotning innebär att lösa block eller stenar tas ner för att inte okontrollerat stenfall ska inträffa. Arbetet utförs såväl i tunnlar och bergrum som på bergslänter ovan jord.

I samband med nyproduktion av underjordsanläggningar utförs skrotning omedelbart efter bergschakt eller i samband med utlastning av sprängmassor. Denna produktionsskrotning kan utföras med relativt tung utrustning. Numera sker sådan produktionsskrotning ofta mekaniserat med en grävmaskin eller specialanpassat skrotningsaggregat som är utrustad med brytklo eller bilningshammare. Arbetet kan behöva upprepas innan bergytorna är slutligt förstärkta och anläggningen tas i drift.

Bergmassans stabilitet förändras under den tid som anläggningen är i drift. Försämringen kan bero av flera faktorer som bergkvalitet, grundvattenförhållanden, spänningsförändringar i bergmassan, uttorkning genom ventilation och värme, periodvis exponering för frost samt degradering av förstärkningar. I färdigställda bergrum och tunnlar där människor vistas och/eller som rymmer känsliga installationer, måste därför frilagda bergytor på väggar och i tak kontrolleras regelbundet. Omfattningen och frekvensen beror förutom av ovan nämnda faktorer även av anläggningens dimensioner (spännvidd, höjd), produktionsmetod, bergspänningar/djupläge, användningssätt och på hur bergförstärkningen dimensionerats. Sådan skrotning kallas ofta kontrollskrotning och utförs med mer skonsamma metoder än vid nyproduktion för att inte onödigtvis skada tunnelns bärande huvudsystem där förstärkningar ingår, samt inredning och installationer. Arbetet utförs ofta manuellt av en eller två man med skrotspett. Slutlig kontroll ska kunna utföras på handnära avstånd, och för att komma åt bergytor i tak används därför någon typ av ställningsfordon.

När större instabiliteter upptäcks tas beslut om åtgärder. I många fall kan skrotning av ett sådant parti medföra stora störningar eller driftstopp för verksamheten i bergutrymmet. Då kan bergförstärkning vara ett alternativ till skrotning i syfte att säkra anläggningen mot fallande sten.

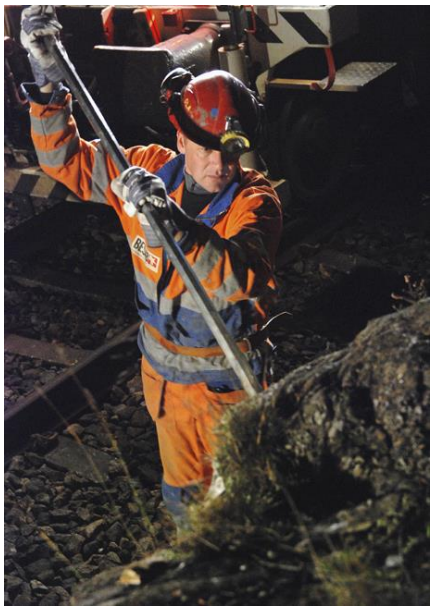
Detta projekt behandlar endast kontrollskrotning under driftperioden i bergtunnlar med små dimensioner, i detta fall åtta till tjugo kvadratmeter tvärsnittsarea.

1.2. Arbetsmiljö

Manuell skrotning som underhållsåtgärd i bergtunnlar är ett riskfyllt arbete på grund av nedfallande sten och block nära utföraren. Storleken på nedskrotade fragment varierar kraftigt och kan vara svår att förutse liksom fallriktningen. Dessutom kan splitter orsakas, som kan vara farligt om man står för nära nedslagsplatsen. Personal som arbetar frekvent med skrotning löper risk att drabbas av belastningsskador och förslitningsskador vilket ofta inledningsvis yttrar sig som värk i axlar, armar och rygg. I förlängningen kan en drabbad person behöva omplaceras till lättare arbete. Skiftning av personal innebär förlust av erfarenhet som är särskilt viktig i den här typen av kontrollskrotning.

Vid nyproduktion av tunnlar och i gruvor har skrotningen mekaniserats i allt högre utsträckning. I början användes utrustning som monterades på grävmaskiner, men speciellt för gruvornas behov har speciella skrotningsaggregat utvecklats. Flertalet skrotningsmaskiner på marknaden är avsedda för användning i tunnlar och orter med relativt stora dimensioner, vanligen större än tjugo kvadratmeter tvärsnittsarea. Ingen går att använda i tunnlar som är mindre än cirka tolv kvadratmeter. Samtliga förekommande maskiner är utvecklade för produktionsskrotning i samband med nybyggnad av tunnlar och bergrum samt gruvverksamhet, vilken kännetecknas av tung utrustning och ganska litet behov av att skydda omgivande tunnel mot skador av nedfallande berg.

I storstadsområdena har många viktiga samhällsfunktioner som ledningar för spillvatten, dricksvatten, fjärrvärme, el, tele- och datakommunikation m.m. förlagts i tunnlar för att reducera antalet hindrande och miljöstörande schakter i gatumiljön i samband med byggande samt vid drift och underhåll. Dessa tunnlar har oftast ganska små dimensioner, åtta till tjugo kvadratmeter tvärsnittsyta är vanligt. De flesta av dessa tunnlar har byggts under andra halvan av förra seklet och många av dem är sparsamt förstärkta. Typisk förstärkning av dessa tunnlar består av selektiv bultning och tunn oarmerad sprutbetong som är koncentrerad till svaghetszoner varvid huvuddelen av bergytorna är helt oförstärkta. Efterlossning av stenar och block förekommer i nästan lika stor omfattning i bra berg som i sämre berg även om mängd och karaktär skiljer sig åt. I dåligt berg finns i allmänhet bergförstärkning installerad. Behovet av kontrollskrotning är därför minst lika stort där bergkvaliteten är bra. Hittills har merparten av kontrollskrotning fått utföras manuellt.



Figur 1. Manuell kontrollskrotning i järnvägstunnel.

Underhållsarbeten i tunnlar avsedda för teknisk infrastruktur i stadsmiljö försvåras ofta av faktorer som känsliga installationer, högt vattenstånd, värme, gasutveckling och dålig ventilation. I många fall är transportavståndet mellan angreppspunkter med dagkontakt relativt långt och medför långa transporter, två till tre kilometer är inget ovanligt. Det krävs därför speciella lösningar för att säkerställa en god arbetsmiljö. Skrotning har hittills fått utföras manuellt då tillgängliga utrustningar är för stora och har inte tillräckligt reglerbar effekt. Arbetet är tungt och utförs under svåra arbetsförhållanden. En felbedömning kan innebära risker för utföraren, samt orsaka skada på

installationer i anläggningarna med driftstörningar som följd. Felaktiga beslut kan innebära stora konsekvenser för samhället.

Ett tillbud vid skrotning i en liten tunnel inträffade i december 2013 och aktualiserar denna fråga. Ett oväntat stort ras inträffade i samband med kontrollskrotning i en spillvattentunnel när kontrollskrotning utfördes manuellt. Tillbudet resulterade lyckligtvis inte i personskada. Dock orsakade händelsen viss materiell skada på anläggningen. Tillbudet har utretts av företaget och dess skyddsorganisation. Arbetsmiljöverket har informerats, och har meddelat farhågor för arbetsmetodens risker. Därför söker företaget nu förbättra säkerheten vid denna typ av arbete.

2. Syfte

De ovan nämnda riskerna gör att manuell skrotning bör skiftas mot mekaniserad där så är möjligt. Syftet med detta arbete är att undersöka vilka maskinutrustningar för mekanisk skrotning som finns på marknaden, samt förutsättningarna att använda mekaniserad utrustning för kontrollskrotning i små bergtunnlar.

Ett annat syfte är att vid ett förväntat negativt utredningsresultat, utveckla en kravspecifikation på en sådan utrustning, och att ta fram ett förslag på en lösning som omfattar en funktionsbeskrivning av en lämplig maskin och dess komponenter.

Om lösningen bedöms fruktbar av produktionsgruppen och vinner gillande från företagsledningen med ett positivt investeringsbesked som följd, konstrueras och byggs en prototyp som företaget bekostar.

I projektets syfte ingår slutligen att utbilda ett par operatörer samt testa och följa upp den färdiga utrustningen, med avseende på arbetsmiljö och produktivitet, i verklig produktion.

3. Nuläge

Mekaniserad skrotning förekommer allmänt i gruvor och numera är det vanligt i samband med byggande av större anläggningsprojekt. Gruvorternas storlek anpassas till produktionsverktygen, och tvärsnittsarean på de minsta orterna brukar vara omkring femton kvadratmeter. I vissa malmer som guld och andra ädelmetaller förekommer mycket små orter. Då är produktionen mer eller mindre manuell. Så små orter förekommer inte i Sverige och knappast heller i Europa.

De skrotningsaggregat som finns på marknaden är alltså anpassade för orter som är större än cirka femton kvadratmeter. Det finns ett antal maskiner som är särskilt anpassade till skrotning. De flesta är i första hand avsedda att användas i gruvor, men kan utan större modifiering användas vid nyproduktion av väg- och spårtunnlar. Nedan följer några exempel på sådana maskiner.

Figur 2 Skrotning med klo eller hydraulhammare monterad på en grävmaskin är en vanlig metod, som används både i gruvor och i infrastrukturtunnlar med tvärsnittsarea > 25 m².

Figur 3. Normet Scamec lämpar sig bäst i tunnlar med minst 15 m² tvärsnittsarea.

Figur 4. Kanadensiska BTI tillverkar några olika skrotningsaggregat på midjestyrda bärare för användning i tunnlar. Den minsta varianten lämpar sig för tunnlar med omkring 15 m² tvärsnittsarea.

Figur 5. Jama SB 8000 är ett mycket kompetent skrotningsaggregat avsett i första hand för gruvororter med tvärsnittsarea på minst 20 m².

Figur 6. Atlas Copco UV2 kan användas i orter med B x H 3,0 x 3,3 m ungefär. Det finns även en mindre variant som klarar B x H 2,5 x 3,3 m. Dessa är avsedda för produktionsskrotning i gruvor.

Figur 7. Atlas Copco tillhandahåller också en kranarm som kan utrustas med hydraulhammare för bergskrotning. Den används dock mest för skuthantering i fasta anläggningar som krossar.

Gemensamt för de ovan beskrivna maskinerna är en robust konstruktion. De är främst avsedda för användning i samband med nyproduktion av orter och tunnlar. Hög slagkraft/brytkraft, god mobilitet

och hög produktivitet är då viktiga egenskaper. De flesta maskiner är dessutom byggda för tvärsnittsareor på femton kvadratmeter och uppåt. De för skrotning specialanpassade maskinerna är byggda för att klara tuffa arbetsförhållanden. De kan köras på ojämnt underlag och är tåliga mot nedfallande bergblock på maskinens delar. Föraren sitter skyddad i en skyddsbur, och flera av dem är försedda med dolskyddande anordningar.

Ingen av dessa maskiner har kapacitet att fånga upp nedskrotad sten, eller att ta med sig skrotstenen ut från tunneln. Det finns inte heller några anordningar för att skydda installationer från skador av nedfallande stenar. Bergförstärkning kan inte utföras med hjälp av dessa utrustningar.

4. Förutsättningar

4.1. Tekniska egenskaper

En utrustning som ska användas för att utföra kontrollskrotning och bomknackning i färdigställda och i bruk tagna tunnlar ställer något annorlunda krav på maskinens egenskaper. Enheten ska vara utrustad så att det finns möjlighet att utföra arbetet på ett skonsamt sätt. Bland annat ska operatören kunna manövrera enheten i trånga utrymmen. Det kräver god sikt åt alla håll. Slagutrustningen kan ha lägre slagenergi än vid produktionsskrotning, men framförallt ska det vara möjligt att knacka utan att orsaka skada på fast berg eller på oskadade förstärkningselement. Felfri sprutbetong bör till exempel inte knackas sönder i samband med underhållsskrotning. Detta kan uppfyllas genom att slagkraften lätt kan regleras. Det bör dessutom finnas anordningar till hjälp att skydda installationer, och det ska vara möjligt att ta med nedskrotat berg ut ur tunneln efter utfört arbete. Något hjälpmedel att plocka upp stenar som ändå hamnar på golvnivå är också önskvärt. En stor fördel är att kunna utföra viss bergförstärkning med utrustningen, t ex borrning och montering av bergbultar. Maskinen kan i bästa fall fungera både som transportmedel och ställning för att kunna utföra arbetet. Den idealiska maskinen är alltså mångsidig på ett helt annat sätt än de skrotningsriggar som finns på marknaden. Samtidigt får man sänka kraven på robusthet något.

Vid framdrift bör föraren sitta säkert i en hytt med värme. Alla reglage ska finnas nära till hands och manövrering i trånga utrymmen ska underlättas genom god sikt åt alla håll. Vid skrotningsarbete kan det vara en fördel att kunna gå ut ur maskinen för att inta en position där man har god överblick och samtidigt på säkerhetsavstånd. Då finns alltså behov av att kunna styra bilningsroboten med remote control.

4.2. Små bergtunnlar

De tunnlar som ska kontrollskrotas/bomknackas har en tvärsnittsarea som varierar mellan åtta till tjugo kvadratmeter. Tunnlarnas bredd är mellan tre till fem meter och höjden varierar från knappt tre till cirka fem meter. Fri bredd i transportläge är drygt två meter i de flesta fall, och fri höjd är från två och en halv meter upp till drygt tre meter. Lokalt finns installationsrum med större dimensioner. Portöppningar vid entréer är oftast cirka tre meter breda och har en fri höjd på cirka tre meter.

I de minsta avloppstunnlarna finns sparsamt med installationer. På vissa sträckor hänger skyddsrör med optokabel på ena sidan. Dessa är mycket känsliga för åverkan och skador kan få omfattande konsekvenser, vilket innebär att dessa installationer måste skyddas effektivt vid skrotning. Golvet i dessa tunnlar är oftast V-format och byggt av en oarmerad betong direkt på avjämnad makadam.

Golvet tål lätt fordonstrafik och mindre fallande stenar, men måste skyddas mot nedfall av större block.

I de något större tunnlarna finns en mängd installationer som måste skyddas. Det är allt från vattenledningar, rör för fjärrvärme och fjärrkyla, kraftkablar, elkablar och skyddsrör med optokablar för tele- och dataöverföring. Många av dessa funktioner är samhällsviktiga och har en hög skyddsklass, och av denna anledning är de flesta anläggningar hemliga och får endast beträdas av särskilt behörig personal. För tunnlarnas funktion finns dessutom fundament, kabelstegar, brandvattensystem, fläktar, kablar med lågspänning för larm, belysningsarmaturer, el-centraler, pumpinstallationer, skyltar, betongbelagda markytor och asfalterade körbanor. Brott på ledningar kan dessutom medföra stora risker för personal som arbetar i anläggningarna. Det krävs alltså en massiv skyddstäckning och personal som arbetar med stor försiktighet samt en flexibel utrustning för att kunna utföra kontrollskrotning/bomknackning i dessa tunnlar.

Önskvärda prestanda och begränsningar med hänsyn till fysiska förutsättningar för arbete med kontrollskrotning i små bergtunnlar kan sammanfattas enligt nedan. De minsta måtten avser framkomlighet och de större anger önskad räckvidd.

Tunneltvärsnitt	8-20 m²
Tunnelbredd	3-5 m
Tunnelhöjd	2,5-5 m
Transportvägar, bredd	> 2 m
Inkörsport, bredd	> 2,5 m
Inkörsport, minsta höjd	> 3 m
Kurvradie	< 5 m

5. Regelverk

Bergarbeten liksom vistelse i tunnlar och bergrum innebär risker om arbetsmoment utförs på felaktigt sätt. Under årens lopp har praxis och regler för utförande av bergarbeten skrivits ner och lagstiftats för att säkerställa säkert bergarbete och säkra anläggningar. I några fall har inte lagstiftning och föreskrifter följt den tekniska utvecklingen och kan upplevas som otidsenlig. Nedan finns några reflektioner och tolkningar av gällande lagar och föreskrifter.

5.1.Arbetsmiljölagen

Byggherren ansvarar enligt Arbetsmiljölagen för att arbetet utförs på ett säkert sätt. Bland annat ska en arbetsmiljöplan upprättas.

6 §

Den som låter utföra ett byggnads- eller anläggningsarbete ska under varje skede av planeringen och projekteringen se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas när det gäller såväl byggskedet som det framtida brukandet, utse en lämplig byggarbetsmiljösamordnare för planering och projektering av arbetet med de uppgifter som anges i 7 a §, och utse en lämplig byggarbetsmiljösamordnare för utförande av arbetet med de uppgifter som anges i 7 b och 7 f §§.

Den som låter utföra ett byggnads- eller anläggningsarbete kan utse sig själv eller någon annan till byggarbetsmiljösamordnare. Om någon annan har utsetts befrias dock inte den

som låter utföra ett byggnads-eller anläggningsarbete från ansvar för sådana arbetsuppgifter som anges i första stycket 2 eller 3.

Byggherren kan alltså inte slippa undan ansvar för arbetsmiljön genom att delegera ansvaret. En person som har utsetts till arbetsmiljösamordnare har vanligtvis inte möjlighet att själv närvara under utförandet mer än tillfälligt. Ingen byggherre vill riskera att stå till ansvar för vållande till kroppsskada eller egendomsskada med allvarliga konsekvenser för tredje man, som kunde undvikas genom att välja ett hjälpmedel. Slutsatsen blir att om en känd arbetsmiljörisk kan elimineras genom att använda ett hjälpmedel så ska denna metod väljas.

5.2.Arbetsmiljöverkets anvisningar

Arbetsmiljöverkets AFS 2010:1 Berg- och gruvarbete gäller för bergarbeten under jord. Några utdrag ur texten:

Tillämpningsområde

2 § Dessa föreskrifter gäller berg- och gruvarbete och prospektering efter malm och mineral. För prospekteringsarbeten som inte är berg- eller gruvarbete gäller endast föreskrifterna i 26 §.
Föreskrifterna gäller inte arbete i färdigställda och inredda bergrum och berganläggningar.

Den sista meningen i 2 § bör tolkas så att kontrollskrotning i färdigställda och inredda anläggningar inte omfattas av föreskriften. Det nämns inte vilken föreskrift som gäller för dessa anläggningar, men den som ligger närmast tillhands är 1999:3 Byggnads- och anläggningsarbete. Den senare innehåller allmänna regler om organisation, arbetsplatsens utformning mm, men föreskriften innehåller dock inga regler som är direkt tillämpliga och som innehåller begreppet ”bergarbete”. I kommentarerna under rubrik ***Tillämpningsområde och definitioner*** på sidan 32 står dock *”Reparationer samt löpande och periodiskt underhåll räknas som byggnads- respektive anläggningsarbete.*” Det innebär att denna föreskrift är tillämplig åtminstone delvis.

Vidare står i AFS 2010:1:

Fordon
18 § *På arbetsställen som inte säkrats mot stenfall ska personer som arbetar med fordon eller maskiner skyddas mot fallande sten.*

Texten i 18 § gäller alltså inte heller vid kontrollskrotning i färdigställda och inredda tunnlar eftersom dessa har säkrats mot stenfall. Fordon bör däremot förses med hytt så att föraren sitter i en skyddad miljö med regnskydd och komfort i form av värmesystem och ljuddämpning. Detta är också Arbetsmiljöverkets starka rekommendation.

Bergbesiktning, skrotning och bergförstärkning
47 § *Bergbesiktning, skrotning och bergförstärkning samt efterkontroll ska utföras efter sprängning i den omfattning som behövs för att hindra stenfall och ras. Vid behov ska tak och väggar förstärkas ända fram till stuffen (ortgaveln) efter varje sprängning.*
Mekaniserad skrotning ska alltid eftersträvas. Under arbete med skrotaggregat ska operatören skyddas mot fallande sten.
Vid bergbesiktning och vid manuell skrotning ska berget vara rengjort och väl belyst och arbetsstället fritt från störande buller.

Av 47 § framgår att mekaniserad skrotning ska eftersträvas. Detta bör då gälla även vid kontrollskrotning av färdigställda och i bruk tagna tunnlar.

Underhåll och besiktning av bergutrymme
49 § *Innan ett bergutrymme som omfattas av dessa föreskrifter tas i bruk ska bergbesiktning utföras. Återkommande besiktning ska sedan utföras med tidsintervall som bestäms utifrån resultatet från föregåendebesiktning.*
Vid behov ska bergförstärkning eller andra skadeförebyggande åtgärder snarast vidtas.

I 49 § återfinns regler om återkommande besiktning. Skrotning eller bomknackning nämns inte här men ingår alltid som en integrerad del av underhåll.

5.3.AMA Anläggning 10

AMA betyder ”Allmän Material och Arbetsbeskrivning för Anläggningsarbeten”. Den används för att beskriva anläggningsarbeten i bygghandlingar för Utförandeentreprenader i Teknisk Beskrivning. AMA innehåller beprövade metoder och syftet är att standardisera utförandet och underlätta reglering. Avsikten är att AMA beskriver ”best practice” och ska vara ett dynamiskt dokument som ändras i takt med att byggmetoderna förbättras. AMA ingår i ett system med branschregler och utgör därför en slags norm.

Bergrensning

I AMA föreskrivs arbetsmetoder mm. Bergrensning beskrivs med följande text.

Bergrensning – såväl maskinell rensning som rensning med spett – ska utföras av personal med dokumenterad erfarenhet. All bergrensning ska avsynas av ansvarig arbetsledare med minst 5 års dokumenterad erfarenhet. Bergrensning ska dokumenteras i protokoll. Protokollens utformning och innehåll ska godkännas av beställaren.
Bergrensning ska utföras enligt angiven klass, enligt tabell CBC/4. Bergrensningen ska utföras så att det kvarstående bergets stabilitet och profil inte påverkas negativt. Utförande och utrustning ska anpassas till bergets egenskaper.
Block och stenar som är instabila och som inte kan eller bör skrotas ner ska säkras genom bergförstärkning i form av bult eller nät enligt CDC.1 eller sprutbetong enligt EBF.3 eller EBF.4 eller en kombination av dessa åtgärder. Vid öppen sprängning får alternativt instabila block och stenar tas ner genom sprängning.
Åtgärd avgörs i samråd med beställaren.

AMA Tabell CBC/4 beskriver utförandekraven för de olika bergrensningsklasserna. I tabellen är endast kolumn A som avser tak- och väggytor av intresse för detta projekt.

Kontrollskrotning i färdiga och i bruk tagna tunnlar utförs vanligen i bergrensningsklass 3A. Då föreskrivs alltså manuell skrotning av två man med samverkande skrotspett. Detta är den form av manuell skrotning som är mest riskfylld och belastande för personalen och som är huvudorsaken till att detta projekt genomförs. Att manuell skrotning ändå föreskrivs i många fall kan bero på att det inte har funnits någon tillförlitlig metod att utföra kontrollskrotning med maskinhjälpmedel. Arbetsmiljörisker kan möjligen resultera i att denna beskrivning ändras i framtiden. Manuell efterkontroll med skrotspett måste dock alltid utföras.

Bergrens-ningsklass	A Väggar/slänter och tak	B Bottnar och terrasser
1	Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta som kan utföras maskinellt med tyngre elhydraulisk hammare (vikt större än 750 kg) och därefter kompletterande skrotning av en man med skrotspett.	
2	Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta som kan utföras maskinellt med lätt elhydraulisk hammare (vikt max 450 kg) och därefter kontroll och kompletterande rensning av en man med skrotspett.	
3	Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta av två man med samverkande skrotspett.	
4	Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta med maskinell utrustning.	
5	Bergyta tryckspolas ren med vatten…	

Figur 8. AMA Anläggning tabell CBC/4 beskriver bergrensningsklasser.

Ibland beskrivs kontrollskrotning i bergrensningsklass 2A. Att det står elhydraulisk hammare bör inte betyda att en annan drivkälla för hydrauliken inte kan eller får användas. Maxvikten kan tyckas hög och beskriver snarare vanligen förekommande hammare för annan användning än skrotning. Det kan bero på att skrotning i de flesta fall avser nyproduktion. Man kan också konstatera att kravställningen inte tyder på något större intresse för utveckling av maskiner för underhållsarbete. Någon undre viktgräns för hammaren anges inte, men vikten kan dock inte vara så liten att den kan hanteras manuellt. Det framgår också att efterkontroll alltid ska utföras av en man med skrotspett.

7. Kravspecifikation

För att den tänkta maskinen ska fungera i den miljö där den är tänkt att användas har vi kommit fram till följande kravspecifikation. Detta ska ses som en önskelista och den slutliga utrustningen kan avvika från dessa egenskaper.

7.1. Mått

Små dimensioner begränsar möjliga prestanda på den tänkta utrustningen. Därför kan inte dimensionerna bli hur små som helst, utan man får acceptera viss begränsning för användning i de minsta tunnlarna.

För att den tänkta skrotningsmaskinen ska vara användbar i de flesta mindre tunnlar men ändå effektiv bör måtten inte överstiga följande.

Totalmått (anger övre gräns):

Längd	7,5 m
Bredd	2,0 m
Höjd	2,5 m
Vändradie	5,0 m

Några mått på flaket:

Total längd, cirka	2,6 m
Varav överhäng, cirka	0,6 m
Bredd med uppfällda sidolämmar, max	1,8 m
Bredd med nedfällda lämmar, min	3,0 m
Sidolämmarnas höjd över flakbotten i uppfällt läge	0,7 m
Sidolämmarnas lutning från horisontalplanet i uppfällt läge	>85°
Sidolämmarnas lutning från horisontalplanet i nedfällt läge	45 % / 24°
Fällbar bakläm, höjd	0,2 m

Målsättningen är att uppskattningsvis 90 % av tunnlarna i det aktuella tunnelsystemet ska vara tillgängliga med detta fordon.

7.2. Mobilitet

Maskinenheten ska kunna köras framåt eller bakåt i tunnelsystemet med full kontroll från föraren. Det är viktigt att ha god sikt i alla riktningar. Eftersom maskinen inte är tänkt att köras längre sträckor ovan mark kan körhastigheten vara låg, cirka 10 km/tim är tillräckligt. Motorstyrka och drivsystemet ska vara anpassat så att maskinen kan forcera stigningar och medlut på maximalt 1:6 eller cirka 16 % lutning med full last. Effektiva bromsar är lika viktigt vid färd nedför dessa branta ramper, dock med den skillnaden att lasten oftast är lättare då.

7.3. Användningssätt

Skrotning utförs så att operatören alltid befinner sig under kontrollerat område. Maskinen ska i detta fall bearbeta bergytan genom att den backas in i tunneln. Manuell kontroll med skrotspett kan då utföras utan att gå in under oskrotat berg.

Maskinen bör kunna användas för viss bergförstärkning, t ex bultsättning. Då används bergflaket som transportutrymme för material och mindre maskiner och samtidigt ska det fungera som ställning, dock utan skyddsräcken.

7.4. Skydd och uppsamling

Vid skrotning är det önskvärt att så mycket skrotsten som möjligt samlas upp på maskinens flak. Maskinen ska därför vara försedd med ett lastflak med fällbara lämmar som fångar upp fallande sten. Lämmar ska fällas hydrauliskt med kolvar som ligger skyddade under flakbotten. Flak och lämmarnas insidor tillverkas i stålplåt av en extra hård kvalitet, samt kläs på över/insida med slitgummi för att dämpa buller och reducera mekaniska skador av fallande sten.

Ett tungt och ofta mycket smutsigt arbete vid skrotning är att samla upp och lasta sten som faller mer på tunnelbotten. Att plocka up sten från marknivå är tidsödande och sänker enhetens produktivitet avsevärt. Med hjälp av gripskopa, som är tänkt att alltid medfölja maskinen, kan sten plockas upp

från marknivå utan att riskera överbelastning på personalen. Hur gripskopan kan förvaras under transport är en detalj som måste lösas i samband med slutmontering.

Bergflakets framstam utformas så att den hindrar stenar från att falla ner mellan skrotningsrobot och flak. Stammen får dock inte hindra robotens rörelser. Slutlig utformning avgörs i samband med slutmontering.
Vid kontrollskrotning är oftast nedskrotad bergvolym ganska liten till skillnad från skrotning vid nyproduktion. Hög lastförmåga är därför inte ett prioriterat krav. Lastförmågan bör vara minst ett och ett halvt ton eller helst något högre.

7.5. Belysning och säkerhetssystem

Vid färd ska föraren ha tillräcklig belysning både framåt och bakåt för att kunna manövrera i trånga utrymmen. Dolda vinklar ska helst inte finnas, t ex ska föraren kunna avgöra om det är fri väg bakom maskinen när den backas in i tunneln. Möjligen kan det behövas backkamera eller liknande utrustning för att klara detta.

Maskinen måste förses med arbetsbelysning som ger god visuell kontroll av de bergytor som ska skrotas och/eller förstärkas.

Varningssignal som uppmärksammar personer i maskinens närhet på att maskinen förflyttas är en säkerhetsdetalj som måste utredas så att arbetsmiljön säkras. Möjligen ska även rörliga lämmar varnas på samma sätt.

Den slutliga utformningen av dessa säkerhetssystem beslutas i samråd med skyddsombud och operatörer under slutmonteringen.

Bärare har förbränningsmotor och därmed finns drivmedel och oljor som är brandfarliga. Bärarmaskin ska vara försedd med ett automatiskt brandskyddssystem med aktiv släckning.

Arbetsmiljökrav:

God sikt	krav
Hytt	krav
Remote control	krav
Visuella hjälpmedel för att se ”döda vinklar”	krav
Varningssignal för maskinrörelse	krav

Utöver dessa dimensionskrav finns behov av följande egenskaper:

Möjlighet att fånga upp huvuddelen av sten vid skrotning	anpassas
Lastförmåga	$\geq$ 1,5 ton
Möjlighet att plocka upp sten med robotarm	krav
Tippflak	krav
Möjlighet att använda som ställning	önskvärd
Möjlighet att använda vid bergförstärkning	önskvärd
Brandsläckningssystem	krav

8. Vald lösning

När man lägger ihop alla dessa krav finns endast ett begränsat antal valmöjligheter. Den lösning som arbetsgruppen har fastnat för är följande.

8.1. Bärare

Den bärare som bäst motsvarade de krav som ställs är en skogsmaskin från Vimek AB i Vindeln. Vid besök på plats diskuterades olika modeller och prestanda. Till slut blev lösningen en hybrid mellan en skördare och en skotare.

Vi kallar denna maskin för Vimek 610 Tunnel special, och består aven framdel med beteckningen Vimek 404T6 och en vagn kallad 610.2. Orsaken var främst att den högre kapaciteten på skördarens hydraulsystem ansågs värdefullt. Måtten är något större än de önskade. Det finns mindre maskiner men då blir övriga prestanda inte tillräckliga och maskinen riskerar att bli mindre robust.

Några prestanda:

Höjd, originalutförande	2,7 m
Höjd efter viss ombyggnad (flytt av värmeaggregat)	cirka 2,5 m
Bredd	1,9 m
Total längd utan flak	cirka 6,6 m
Markfrigång	0,40 m
Vikt	cirka 4000 kg
Motoreffekt	60 hk
Transporthastighet, max	20 km/tim
Hydraulpump	275 bar (28 MPa)/90 l/min
Automatisk sprinkler i motorrum	

Figur 9. Bärare före påbyggnad

8.2. Skrotningsrobot

Valet blev en Brokk 160 utan larver och övrig underbyggnad (elmotor, hydraulpump och oljetank). Roboten monteras fast på bärarens rambalkar och drivs av bärarens hydraulsystem. Enheten har remote control med möjlighet att infoga ytterligare funktioner.

Några prestanda:

Räckvidd framåt	ca 4 m
Räckvidd uppåt från mark	ca 5,5 m

Vikt	750 kg
Pumpflöde, krav	25 MPa/62 l/min
Hammare	Atlas Copco SB 202
Vikt, hammare	max 212 kg

Figur 10. Brokk 160

8.3. Bergflak med multifunktion

En principskiss med vitala funktioner och några viktiga mått skissades i ett standardprogram i Windows. Några översiktliga beräkningar gjordes för att kontrollera att konstruktionen var möjlig. Därefter lämnades konstruktionsuppdraget till en maskinkonstruktör (Cidema AB) som gjorde dimensionering, ritningar och skärfiler för numeriskt styrd laserskärning av plåtar etc.

En tillverkare anlitades för tillverkning av bergflaket (Nordsvets AB). Nedan ses ramverket till bergflaket under tillverkning.

Figur 11. Bergflak under tillverkning

Hydraulkolvar till sidolämmarna specificerades (totallängd, slaglängd och kolvarea samt infästningens utformning) och inhandlades från specialleverantör som tillverkade dessa. Tippkolv kunde inhandlas från grossist eftersom den fanns i standardsortimentet.

Bild 12. Bergflak provmonterat på bärarens chassi

Blästring och målning utfördes på målarfirma specialiserad på industrimålning.

Komplettering med slitgummi på flakbotten och insida av lämmar utfördes i samband med slutmontering.

8.4. Slutmontering och komplettering

För påbyggnad och komplettering av den sammansatta maskinenheten anlitades ett företag med kompetens inom smide, elektronik, hydraulik och styrning (N-mek i Mölndal AB).

Bärarens värme/AC-system som i original är placerat på förarhyttens tak, flyttades till sidomonterat läge för att sänka maskinens totala höjd.

Hydrauliksystem från bäraren sammankopplades med robot och bergflak. Det ordinarie ventilpaketet på bäraren kunde användas. Fjärrmanövrering av samtliga funktioner utom tipp anordnades på robotens remote control.

Behovet av stödben på bäraren utreddes genom att jämföra med beräkningar för bäraren utrustad med timmerkran. Dessutom genomfördes praktiska prov. Det fanns möjlighet att montera två stödben vid släpvagnens drag ungefär vid roboten och ett eller två baktill på släpet. Bäraren är konstruerad för användning i skogsbruk, för avverkning samt lastning och transport av virke i skogsterräng. I grundutförande är det ett ofjädrat fordon med kraftiga däck som i sig själv är mycket stabilt. Vid tunnelarbete kommer maskinen att stå på ett hårt och någorlunda jämnt underlag. Efter att ha kontrollerat maskinens stabilitet beslutades att det inte finns behov av stödben för den verksamhet som denna maskin ska användas för.

Utöver bärarens ordinarie färdbelysning monterades belysning för att möjliggöra säker körning i helt mörklagda tunnlar. Arbetsbelysning anordnades så att operatören kan ha full kontroll på skrotning och annat arbete som ska utföras med stillastående maskin. Alla hydraulikrör och kablar kunde dras i skyddat läge i bärarens rambalkar för att minska skaderisk och onödiga driftavbrott.

Projektgruppen och framtida användare av utrustningen involverades under detta skede genom besök där detaljlösningar diskuterades fram på plats. Exempelvis typ och placering av belysning och andra hjälpmedel.

Figur 13. Efter slutmontering av samtliga komponenter.

9. Övriga åtgärder

9.1. CE-märkning

All dokumentation från tillverkarna av komponenter samlas i en manual. Ombyggnader som har gjorts efter leverans liksom kompletterande utrustning dokumenterades fortlöpande under arbetet med slutmontering. Rördragning och kopplingsschema för hydraulik samt kopplingsschema för el dokumenterades.

En riskbedömning utfördes för att identifiera möjliga risker i produktion och utgöra underlag för användarinstruktioner samt utbildningsbehov. Se Bilaga 1.

Kompletterande åtgärder utfördes och därmed var utrustningen komplett och färdig att tas i bruk.

Speciella egenskaper som observerades i samband med riskbedömning och testkörning lades till dokumentationen.

Slutligen skrev påbyggaren ett intyg om överensstämmelse med gällande EU-standard för maskinsäkerhet, CE-märkning. Se Bilaga 2.

9.2. Utbildning av operatörer

Syftet med detta projekt var att utveckla ett hjälpmedel som kunde lösa ett allvarligt arbetsmiljöproblem i samband med underhållsskrotning i små bergtunnlar. Produkten är alltså ett resultat av en åtgärd som är påkallad genom uppmaning från anställda i företaget. Det var därför naturligt att den berörda personalen fick medverka i slutmonteringen och få möjlighet att påverka den slutliga utformningen. Den aktuella personalen hade sedan tidigare lång erfarenhet av arbetet i dessa små tunnlar och var dessutom bekant med fordonstypen, dock inte denna modell.

Framförandet var därför inte några större problem. Fjärrmanövrering med hjälp av remote control behövde dock tränas innan användning i produktion.

Hantering av bilningshammare krävde också en del utbildning. Handgreppen på remote control tränades ovan jord för att dessa arbetsmoment skulle kunna hanteras på ett säkert sätt i verkligt arbete. Byte av verktyg och test av alla funktioner övades också ovan jord.

Hantering av olika larmfunktioner ingick också i utbildningen för att möjliggöra att i vissa situationer kunna tvångsköra robotarm och på ett säkert sätt köra ut maskinen ur tunneln för åtgärd.

Total tid för inlärning av dessa moment var cirka en halv dag för två man.

9.3. Testkörning i tunnelmiljö

I juni 2016 var maskinen klar för testkörning i verklig tunnelmiljö. Ett antal medlemmar från projektgruppen och referensgruppen samt några övriga, bergarbetare, geologer och konsulter, hade bjudits in för en demonstration och en provkörning i tunnel.

Testet genomfördes i en nedfartstunnel med cirka tjugo kvadratmeter tvärsnittsarea, alltså nära övre gränsen för denna tunnelrigg. Tunneln har en lutning på cirka 1:7. Vägbanan är asfalterad med vägrenar av makadam. I tunneln finns två paket optokablar i skyddsrör upphängda i nedre anfanget på tunnelns ena sida, men i övrigt inga installationer. Berget är hårt, kristallint med gnejsig karaktär samt är ganska uppsprucket. Nästan inga förstärkningar har installerats. Tunneln hade inte kontrollskrotats på några år. En bergbesiktning hade utförts av geolog, och misstänkt lösa/bomma partier var markerade med vit färg.

Framförandet av fordonet i tunneln fungerade väl. På plats inne i tunneln klev föraren ur hytten och fortsatte köra med hjälp av remote control. Manövreringen gick smidigt även om operatören hade en mycket kort träningsperiod. Eftersom tunneln är relativt stor och roboten har en begränsad räckvidd är det viktigt att ställa maskinen i rätt position för att kunna arbeta effektivt och även få huvuddelen av skrotstenen på flaket.

Figur 14. Riggen backas in i tunneln vid premiären.

Skrotning utfördes vid några markerade misstänkt lösa partier. Bilningshammaren var mycket effektiv och kunde lätt arbeta sig in i bergmassan. Löst berg gav med sig relativt lätt. Det kan vara ganska svårt att höra bomljud så det är viktigt att kontrollera skrotat område med skrotspett efter utförd maskinskrotning.

Uppsamling av skrotat berg på bergflaket fungerade ganska bra. Då tunneln var relativt stor för denna maskin, blev fallhöjden omkring tre meter och bredden på tunneln var också betydligt större än maskin med utfällda lämmar. Räckvidden för bilningsrobotens arm måste också tänjas nästan maximalt varför arbetsområdet från en uppställning blev ganska litet med täta förflyttningar som följd. En del bergfragment landade därför på vägbanan, men en stor del samlades upp på bergflaket som avsett.

Figur 15. Operatören står på säkert avstånd

Figur 16. Bergflaket samlar upp skrotsten

Operatörens uppfattning var att denna utrustning kommer att innebära en stor förbättring av arbetsmiljön.

Skillnaden mot manuell skrotning är att en del av de lösa partierna hade varit svåra eller omöjliga att brytas loss med handkraft, vilket också hade inneburit stor ansträngning för personalen. Den stora vinsten är att arbetet kunde utföras på ett betydligt säkrare sätt.

När det gäller produktivitet är vår bedömning att den motsvarar ungefär vad som skulle åstadkommits med manuell skrotning.

10. Slutkommentarer

Maskinen som beskrivs i denna rapport är avsedd för mekaniserad skrotning i små bergtunnlar, och utvecklades i första hand av säkerhets- och arbetsmiljöskäl.

Projektet visar att det är resurskrävande att utveckla specialmaskiner. Arbetet tog längre tid än planerat att genomföra. En förklaring till detta kan vara att medlemmarna i projektgruppen inte är maskinkonstruktörer utan bergentreprenörer, vilket i sin tur ledde till en alltför optimistisk tidsplan. Leveranstider på komponenter, och konstruktionsarbete samt tillverkning av bergflak, var de moment som missbedömdes mest. Slutmontering och komplettering med säkerhetsutrustning samt CE-märkning tog också något längre tid än beräknat.

Av kostnadsskäl och tidsskäl har standardkomponenter använts i hög utsträckning. Detta innebär också att service, reparationer och reservdelshållning underlättas väsentligt i förhållande till en helt specialkonstruerad maskin.

Vi har några råd till andra som avser att utveckla specialmaskiner. Vår erfarenhet och rekommendation är att göra en ordentlig utredning för att se vilka liknande maskiner som redan finns, och se hur dessa maskiner är uppbyggda. Då kan man ta efter bra lösningar och undvika dåliga. Därefter kan man bestämma vad som behövs i den egna verksamheten. Var inte rädd att lösa problemen på ett annorlunda sätt. Ta extern hjälp med sådant som andra kan bättre. Slarva inte med riskbedömning, CE-märkning och utbildning.

Erfarenheter från den begränsade testperiod som rymdes inom projektet bevisar inte att produktiviteten ökar kortsiktigt, men i takt med att operatörerna lär sig att hantera utrustningen tror vi att framdriften ökar väsentligt. På längre sikt är vi övertygade om att det blir vinster i form av minskade störningar på grund av sjukskrivningar och därmed ökad produktivitet. Dessa effekter kanske visar sig först efter en längre tids användning.

Det är vår uppfattning att slutresultatet motsvarar högt ställda förväntningar. Funktionen på alla ingående delar är tillfredställande och berörd personal har uttryckt sin stora belåtenhet med den utvecklade prototypen. Det finns inte många saker som vi skulle gjort annorlunda om vi fick möjlighet att göra om arbetet.

BILAGA 1

Riskbedömning Tunnelrigg

Identifiering av risker utöver de enskilda riskerna med varje ingående maskin:

- Vältrisk
- Risk för självkörning/maskin skenar
- Risk för brand
- Avgaser i slutna miljöer
- Risk för kollapsande brokkarm
- Brokkarm kan oavsiktligt rotera in i hytt
- Risk för överlast

Åtgärder:

Vältrisk
Maxlast vid lyft 400kg är testat i max utfällt läge med midjan svängd åt båda håll för att säkerställa att maskinen inte riskerar välta.

Maskinen är mekaniskt stabiliserad för att inte kunna välta.

Max lyftkapasitet 400kg ska dokumenteras i bruksanvisning.

Säkerhetsavstånd ska vara 5m detta ska dokumenteras i bruksanvisning

Risk för självskörning eller att maskin skenar
Nödstopp finns tillgängliga på Brokken, i hytten samt på fjärrdosan. Automatiskt nödstopp slår till vid larm, elfel eller tappad kontakt med fjärr. Inga övriga åtgärder krävs.

Risk för brand.
Sprinklersystem för automatisk brandsläckning, brandsläckare är monterade. Brandbesiktning gjord för Vimeken, vilket är fullgott.

Avgaser
Risk för avgasförgiftning förebyggs med gasvarnare vid arbete i slutna utrymmen. Detta ska noteras i bruksanvisning. Avgasrör är monterat i ansiktshöjd på det ställe där operatör står och arbetar. Avgasrör leds om under maskinen för bättre arbetsmiljö.

Risker för kollapsande arm
Vid slangbrott, eller liknade, kan brokkarm kollapsa. Slangbrottsventiler är installerade för att förhindra att maskines hydrauliska delar inte ska kunna falla ihop vid tryckfall. Ingen mer åtgärd krävs.

Brockkarm kan oavsiktligt rotera in i hytt
Maskinen är begränsad i svängkransen för att inte kunna stöta i hytt. Denna begränsning visade sig under testet vara undermålig och vid hög fart in det tänkta stoppläget kunde rotationen fortsätta in i hytten. Detta måste åtgärdas med bättre svängbegränsning.

2016-06-02 Niklas Gustafsson

Risk för överlast
Maxlast för bäraren är 5000kg, men eftersom hydrauliskt flak inte är medräknat tidigare så sänks maxlasten till 4000kg. Detta ska noteras i bruksanvisning.

Att göra:

1. Uppdatera bruksanvisning till att passa denna maskinen samt lägg in information om maxlaster för brockarm samt säkerhetsavstånd.
2. Ändra avgasrör till att släppa ut under maskinen i stället för i ansiktshöjd
3. Se till att begränsa så att armen inte kan svänga in i hytten, även vid höga hastigheter
4. Flakets maxlast ska in i bruksanvisning.

Övrigt

För att kunna godkänna maskinen så måste bruksanvisningen för hela maskinen tas fram. Detta görs enklast genom att sätta ihop de separata maskinernas bruksanvisningar samt komplettera med information om den nya styrningen, hur flaket ska smörjas och hur det fungerar och begränsningarna funna ovan.

Riskanalysen utförd 2016-06-02 av Niklas Gustafsson, Ralf Olsson, Theerasak Koetphon och Kent Olsson. Riskanalysen gjordes tillsammans med maskintillverkaren N-Mek i Mölndal AB, som har byggt maskinen.

Efter att åvan åtgärder är utförda ska ny rapport upprättas av N-Mek där det framgår att åtgärder är utförda och fungerar. Därefter kan maskinen CE-märkas i enlighet med maskindirektivet och släppas till kund.

2016-06-02 Niklas Gustafsson

BILAGA 2

Tillverkningsdeklaration/CE-märkning

N-MEK I MÖLNDAL AB certifierar under eget ansvar produkten:

TUNNELRIGG

Serienr.	Besab001
Tillverkningsår	2016
Kund	BESAB AB

i enlighet med följande direktiv:
Maskindirektivet 2006/42/EC
samt harmoniserande dokument
AFS 2008:3 Maskiner
AFS 2010:1 Bergarbeten

Ingående maskiner med eget CE-märke
Vimek 404T6/6010.2 serienummer: 404103
Brokk 160 M Rev B2 serienummer: 942513S

Maskintyp: **TUNNELRIGG**

Datum för utfärdande 2016-06-22

PETER NORMAN