

# Mobilkrossar - tillförlitligt mobilt nödstopp

B.Sc. Josefine Älmegran och Docent Magnus Evertsson  
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling  
Chalmers tekniska högskola



Slutrapport

SBUF – ID 12558

## Förord

Säkerhet på våra arbetsplatser är en högt prioriterad fråga. Inom mobil krossverksamhet där man hanterar tung utrustning som är utsatt för ett kraftigt slitage finns det några aspekter där vi tror att säkerheten skulle kunna ökas. En av dessa aspekter är att kunna stanna maskinen när så behövs. Det är egentligen en självklarhet att inte närma sig maskiner med rörliga delar som är i drift utan att stanna dem, men av praktiska skäl förekommer det då och då och tyvärr händer det därför ibland att olyckor inträffar.

Projektet som presenteras i denna rapport är ett led i arbetet att öka säkerheten på mobila krossanläggningar.

Den del av projektet som har undersökt marknaden för mobila nödstoppssystem och dess krav i Maskindirektivet samt CE-märkningsbestämmelser har till största del utförts på Chalmers tekniska högskola i Göteborg, av Josefine Älmegran. Även möten med tillverkare har hållits där.

Identifiering av mobila krossverk har gjorts vid studiebesök på krossanläggningar i Göteborg med omnejd. Dessa studiebesök har utförts av BSc Josefine Älmegran tillsammans med Docent Magnus Evertsson eller Dr Erik Hulthén (Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling, Chalmers tekniska Högskola).

Finansieringen av projektets utredningsarbete som utförts av Chalmers kommer från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Delar av arbetet har finansierats av de deltagande företagen och organisationerna internt. SBUF:s branschrepresentanter var Pär Johnning (NCC), Marcus Pohl (NCC), Magnus Busk (Skanska) och Nicklas Stenqvist (Swerock).

Med en tämligen liten insats och i kombination med ett gott samarbete med representanter från branschen har intressanta och klargörande resultat erhållits. Samtliga inblandade tackas för ett gott utfört arbete.

Josefine Älmegran och Magnus Evertsson  
Göteborg, januari 2012

## Sammanfattning

I föreliggande rapport redovisas genomfört arbete samt resultat och slutsatser för projektet ”Mobilkrossar – tillförlitligt mobilt nödstopp”. Detta projekt är en fortsättning på ett tidigare presenterat kandidatarbete som genomfördes under våren 2010 vid Chalmers. Syftet har varit att inventera och identifiera tänkbara tekniska lösningar för att realisera ett ”bärbart mobilt nödstopp” med på marknaden befintlig teknik. Vidare har mobila krossverk identifierats där det är tänkbart och lämpligt att implementera tekniken i pilotinstallationer.

Med hänsyn tagen till Maskindirektivet samt rådande regler för CE-märkning dras slutsatsen att två huvudsakliga alternativ är möjliga vid val och installation av bärbara trådlösa stopp. Dessa två alternativ är:

1. Nödstopp med godkänd nödstopsändare
2. Maskinstopp/maskinstyrning med enklare sändare med endast en (1) knapp

På marknaden finns idag ett antal existerande lösningar som skulle kunna användas. De som kan klassas som nödstopp är fysiskt sett dock relativt stora. De som å andra sidan har en för operatörerna tilltalande storlek kan idag inte klassas som nödstopp men däremot som ”maskinstopp” eller maskinstyrning.

En annat identifierad, och för operatören önskad egenskap, är att ett formellt nödstoppssystem skall enligt Maskindirektivet stänga av maskinen om handenheten befinner sig utanför räckviddområdet. Detta förklaras av det grundläggande säkerhetstänkandet i Maskindirektivet men är inte uppskattat av operatörer för speciellt förkrossar då det leder till merarbete. Ett system som definieras som maskinstopp har dock inte denna egenskap.

Komponentkostnaden för ett nödstoppssystem är typiskt omkring 15-20kr och för ett enklare system av typen maskinstopp cirka 3-5kr.

Som fortsättning på det i denna rapport redovisade projektet föreslås att pilotinstallationer görs på ett antal valda mobila krossverk av olika slag och årsmodell. Funktionaliteten utvärderas sedan, förslagsvis under 3-6 månader.

## Innehållsförteckning

Bakgrund .....	5
Syfte.....	5
Projektmål .....	6
Organisation .....	6
Maskindirektivet och CE-märkning .....	7
Utvärderade trådlösa system .....	9
Identifierade mobilkrossverk lämpliga för provinstallation .....	11
Praktiska aspekter på inkoppling och användning .....	13
Rekommendation .....	14
Eventuellt fortsättningsprojekt .....	15
Referenser .....	15

## Bakgrund

Under vårterminen 2010 genomfördes ett kandidatarbete som behandlade mobila krossverk och arbetsplatsen omkring dessa av elever på Teknisk Design, Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling, Chalmers. Syftet var att hitta möjligheter för att förbättra arbetssituation och säkerheten för operatörerna. Kandidatarbetet genomfördes i samarbete med Sveriges Bergmaterialindustri.

Eleverna har med hjälp av djupintervjuer satt sig in i arbetssituationen för operatörer på mobila bergkrossar. Ur studien framkom 24 problemområden varav 15 ansågs viktiga men låg utanför projekts ramar. Därmed kvarstod följande nio områden: reparationer, nivåkontroll, siktar, olyckor och skador, buller, skydd, damning, transportband och nödstopp. Efter diskussion med SBMI prioriterades området nödstopp då det ansågs vara ett av de viktigaste förbättringsområdena.

Eleverna konstaterade att ett bärbart och trådlöst nödstopp skulle vara önskvärt. Man tog därefter fram förslag till en prototyp tänkt att fästas i en byxficka och aktiveras genom drag. Målet var att stoppet skulle vara lätt att aktivera vid behov men svårt att aktivera av misstag. Kandidatarbetet fokuserade på användarperspektivet emedan själva tekniken för att realisera lösningen inte behandlades.

Som en fortsättning av kandidatarbetet startades det projekt som presenteras i denna rapport med inriktning att inventera på marknaden befintliga lösningar och möjligheter att implementera den identifierade viktiga nödstoppfunktionen. Detta projekt är finansierat av SBUF samt de deltagande företagen med så kallade ”in-kind”-insatser.

## Syfte

Detta projekt startades som en fortsättning på kandidatarbetet för att djupare analysera den tekniska genomförbarheten och undersöka liknande befintliga lösningar på marknaden.

Projektets syfte är att utifrån kandidatarbetet genomlysna de tekniska förutsättningarna för implementering av tillförlitligt nödstopp för mobilkrossar. Detta är en arbetsmiljö- och säkerhetsfråga. Andelen mobilkrossning ökar och det är nödvändigt att öka säkerheten i dessa arbeten. Ett fungerande mobilt nödstopp skulle kanske även kunna ha sparat något liv och någon arm på personal som fastnat i transportband, om även dessa haft ett sådant stopp.

Tekniken tros kunna användas på ett flertal olika typer av maskiner med liknande behov av säkerhetshöjande åtgärder.

## Projektmål

Följande projektmål sattes upp inför projektets start:

- Kartläggning av vanliga mobilkrossverk
- Besök och detaljstudier av 3-5st mobilkrossverk
- Tekniska förutsättningar för komplettering med personligt nödstopp
- Inventering av möjliga leverantörer av tekniklösning
- Träffa leverantörer (5 leverantörer á 4h)
- Offert- och teknikutvärdering
- Val av hårdvara, eventuell vidareutveckling och tillverkning
- Undersöka av påverkan på certifiering vid inkoppling på CE-märkta maskiner

## Organisation

En styrgrupp bestående av följande personer sattes samman

- Björn Strokirk (SBMI)
- Joakim Heise (SBMI)
- Pär Johnning (NCC)
- Magnus Busk (Skanska)
- Nicklas Stenqvist (Swerock)
- Marcus Pohl (NCC)
- Magnus Evertsson (Chalmers)
- Josefine Älmegran (Chalmers)

Styrgruppen har totalt haft 4 telefonmöten där projektets framskridande rapporterats och resultaten diskuterats.

## Maskindirektivet och CE-märkning

För att klargöra vad som gäller rent tekniskt har det nya maskindirektivet (EN ISO 13849-1), som trädde i kraft 2012-01-01, och CE-märkningskraven undersökts. Det nya maskindirektivet säger bland annat följande om nödstopp:

- Nödstopp måste vara två-lägesknapp
- Nödstopp måste aktiveras om sändare tas utanför räckviddsområde
- Endast en sändare får vara inloggad åt gången per mottagare

Dessa krav ger tydliga riktlinjer vid val av nödstoppssändare. Dock existerar möjligheten att använda sig av ett icke nödstoppklassat stopp och det finns därmed ytterligare frågeställningar att utreda, såsom lagkrav i samband vid val av system. Dessutom finns det frågeställningar angående sammankoppling av radiosystem och krossmaskin, både vid CE-märkt och icke CE-märkt maskin. Det är mycket viktigt att veta vad som sker med CE-märkningen vid inkoppling av ett stoppsystem. Under diskussioner med ett tiotal kunniga personer inom området har det framkommit att det inte finns några tydliga riktlinjer för detta specifika fall, men genom samlade kunskaper har trots det framkommit ett entydigt svar. Diskussioner och svar presenteras i korthet nedan.

Efter samtal med en säkerhetslösningsspecialist på Rockwell Automation framkom viktig information om säkerhetsklassningar. För att behålla CE-märkningen av maskinen krävs att det inkopplade sändarsystemet når tillräckliga nivåer i SIL (Safety Integrity Level)- och PL (Protection Level)-klassningar. Om systemet inte, från tillverkarens sida, redan är klassat kan det göras i efterhand. Det finns tydliga riktlinjer för hur en sådan klassningsprocess ska utföras. För att veta vilka nivåer som måste uppnås ska en riskbedömning göras. Även denna utförs utefter tydliga riktlinjer och bör göras av en grupp bestående av förslagsvis:

- Kunnig operatör
- Skyddsombud
- El-konstruktör
- Mekanikkonstruktör
- Medlem i styrgruppen

Vid sammankoppling av ett radiosystem och en CE-märkt krossmaskin kan, enligt SMP (Svensk Maskinprovning) och Inspecta, företaget själva kan godkänna inkopplingen genom att:

- Riskanalysera hur en inkoppling skulle påverka systemet som helhet, minskad eller ökad risk
- Åtgärda eventuella nya risker som uppstått
- Dokumentera förfarandet
- Tillföra systemet eventuella nya instruktioner
- Godkänna inkopplingen

Dessa åtgärder kan göras av företaget självt om tillräcklig kunskap anses finnas. I annat fall kan extern person konsulteras. Dock kan inte SP, SMP eller Inspecta stå för en besiktning och godkännande av det nya systemet.

Om krossmaskinen däremot inte är CE-märkt, vilket inte är ett krav för äldre maskiner, gäller inte samma krav. En sådan maskin måste inte följa det nya maskindirektivet. Därmed behöver den, enligt maskindirektivet, inte CE-märkas om *väsentlig ändring* inte har utförts. Väsentlig ändring kan vara exempelvis åtgärder som ökar maskinens kapacitet. Det är upp till ägaren själv att göra denna bedömning.

Vid diskussioner med el-kunniga på Rejlers teknikonsulter har det framkommit information om att existerande nödstoppslina i krossmaskinen inte bör användas för inkoppling av annat än godkända nödstopp. Vidare bör ej heller jordfelsbrytare användas för att stoppa maskin då dess funktion skiljer sig från maskin till maskin. Rejlers föreslår att maskinen stängs av drift för drift om ett ”enklare stopp” används istället för nödstopp.

Diskussioner angående den ”enklare” sändarvarianten har hållits med SMP, som hävdar att möjligheten att kunna starta maskinen från sändaren strider mot grundläggande krav i Maskindirektivet. Det är nämligen inte tillåtet att starta maskin från farlig plats, dvs. plats där operatör saknar översikt över särskilda delar av maskinen, vilket i vanliga fall styrs av placering av fasta manöverdon. Men med en trådlös sändare skulle dock det vara möjligt att starta maskin från olämplig plats. Detta krav begränsar därmed sändaren till att endast ha en knapp. En sändare med enbart en stoppknapp kan, enligt SMP, sägas tillföra säkerhet till systemet som helhet.

Det så kallade *enklare maskinstoppet* ger även möjlighet att ha flera sändare inkopplade samtidigt, vilket Maskindirektivet förbjuder för nödstopp. Ett system med flera sändare med enbart en stoppknapp bör därmed också kunna tillföra säkerhet till systemet som helhet.




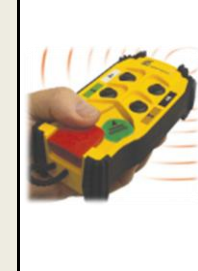

Efter övervägande av behandlad information fastslogs att två alternativ var möjliga vid val av bärbara trådlösa stopp. Dessa två alternativ är:

1. Nödstopp med godkänd nödstoppssändare
2. Maskinstopp/maskinstyrning med enklare sändare med endast en (1) knapp







## Utvärderade trådlösa system

Enligt projektets beskrivning undersöktes marknaden för stoppsystemtillverkare med trådlösa lösningar och fem tillverkare valdes ut utefter de krav som projektet hade. För att hitta passande lösningar hölls möten med tillverkare (på Chalmers och via telefon) där möjliga system diskuterades fram. Därefter begärdes offerter in på de diskuterade nödstoppsystemen. För att förenkla utvärderingen av systemen sammanställdes de mottagna offerterna. Nedan redovisas en tabell över sammanställningen.

Tillverkare	Ascom	Krancom AB – Hectronic Sverige	Tele Radio	Tillquist	Åkerströms
Modell	<i>a51 Advanced</i>	<i>Mini V1 A</i>	<i>Tiger G2</i>	<i>Safemaster W</i>	<i>Remotus T-Rx 28J</i>
<b>Handenhet</b>					
BxLxD (mm)	57x85x33	68,5x227x53	76x160x37	78x143x46	77x243x41
Vikt inkl. batteri (g)	93	300	295	240	450
<b>Tekniska specifikationer</b>					
Antal knappar	2	1	8	4	12
Antal lägen för nödstoppsknapp	1	1	2	2	-
Batteritid (h)	168	20	24	20	4-8
Räckvidd (m)		Max 100	≈300	150-200	Max 100
Temperaturområde (°C)	-10 - 55	-25 - 70	-	-20 - 50	-25 - 55
<b>Klassningar</b>					
IP-klass [IPXY] (X:damm;Y:vatten)	IP40	IP65	IP66	IP65	IP65
SIL (Safety Integrity Level) [1-4]	-	3	3	4	4
PL (Protection Level) [a-e]	-	d	e	e	e
Godkänt av nya MD (EN ISO 13849-1)	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Godkänt av gamla MD (EN ISO 954-1)	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
CE-märkt	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Bild					

Gällande ej nödstoppgodkända system med en knapp undersöktes marknaden och andra alternativ från samma tillverkare hittades. Därutöver upptäcktes ett intressant alternativ från Bosch. En utvärdering av dessa presenteras i tabellen nedan.

Tillverkare <i>Modell</i>	Ascom <i>U971</i>	Bosch <i>S37</i>	Tele Radio <i>T60-T8</i>	Åkerströms <i>Sesam 501</i>
<b>Handenhet</b>				
Mått (mm)	Ø46	42x48x13,5	52x83x17	60x100x25
Vikt inkl. batteri (g)	25	22	80	125
<b>Tekniska specifikationer</b>				
Antal knappar	1	1	1	1
Batteritid	-	3 år	-	4-8
Räckvidd (m)	-	50-200	50-150	100
Temperaturområde (°C)	-	0 - 55	-	-25 - 55
<b>Klassningar</b>				
IP-klass [IPXY] (X:damm;Y:vatten)	IP65	IP67	IP67	IPXY
SIL (Safety Integrity Level) [1-4]	-	-	-	-
PL (Protection Level) [a-e]	-	-	-	-
Godkänt av nya MD (EN ISO 13849-1)	Nej	Nej	Ja	Ja
Godkänt av gamla MD (EN ISO 954-1)	Nej	Nej	Ja	Ja
CE-märkt	Ja	Ja	Ja	Ja
Bild				

### Identifierade mobilkrossverk lämpliga för provinstallation

För att identifiera möjliga verk att testa systemen på har krossanläggningar i Rolfstorp, Kålleröd, Rångedala, Uddevalla och Angered besökts och lämpliga verk identifierats. Verken ger en god bild över vanliga mobilkrossar i Sverige då de spänner över ett stort tidsspänn och flertalet tillverkare och modeller.



Sandvik 1208-I på Rångedala Grus.



Nordberg/Metso Lokotrack 110 på Swerock i Uddevalla





Översikt över Angeredskrossen med Sandvik UH640 och Sandvik UJ540.



Sandvik H4000 "Supermulle".

Nedan följer en sammanfattande lista på identifierade verk som är lämpliga för provinstallation av stoppsystem:

- |  |                  |
|--|------------------|
| • Sandvik H4000 ”Supermulle” (1983-2005) | Bålsta, Kålleröd |
| • Lokotrack LT110/LT125 (1999)           | Uddevalla        |
| • Sandvik UJ640 (2008)                   | Kålleröd         |
| • Sandvik UH640 (2009)                   | Ångered          |
| • Sandvik UJ540 (2009)                   | Ångered          |
| • Sandvik 1208-F2 (1994)                 | Rångedala        |
| • Sandvik 1208-I (1990)                  | Rångedala        |
| • Metso LT300GP (S) (2011)               | Rångedala        |

För att förenkla diskussioner kring inkoppling i dessa verk har kopplingsscheman för fem verk kopierats. Dessa har medtagits vid möten med tillverkare för att illustrera och därmed förenkla inkopplingen. Dessa är även tänkta att underlätta diskussioner och planering med elinstallatörer vid framtida installation.

### **Praktiska aspekter på inkoppling och användning**

Utöver att identifiera verk har besöken utnyttjats till att samla information från operatörer såväl som anläggningsansvariga. De har bidragit med viktig kunskap och många viktiga åsikter såsom:

- Sändaren måste vara liten och smidig för att den ska användas och inte lämnas kvar i laddstationen
- Det är problematiskt att nödstoppet aktiveras när räckviddsområdet lämnas eftersom att maskinen då ofta måste grävas ur, vilket kan ta flera timmar. För att undvika detta används sändaren inte alls
- Det hade varit bra om sändaren kunde fästas på bröstet
- Operatörer tycker ofta att det är svårt att se fördelen med att ha flera knappar på sändaren och tror sig inte vara i behov av det
- Vissa anläggningsansvariga anser att det vore bra med fler än en knapp men att nödstoppknappen ska vara tydligt utmärkt
- Man föredrar att ha stoppet på förkrossen framför efterkrossen då grävmaskinisten alltid har bra uppsikt

## Rekommendation

Som tidigare konstaterats finns det, med hänsyn till Maskindirektivet och regler för CE-märkning, två (2) huvudsakliga alternativ för val och utformning av trådlösa system för att stoppa maskiner. Om dessa två alternativ kombineras med inventeringen av på marknaden befintliga system erhålls ett antal konkreta möjligheter. En sammanställning av de valmöjligheter projektet hade kan ses i tabellen nedan. Där redovisas även ungefärliga prisnivåer för de olika typerna av system.

<b>Nödstopp</b>	<b>Maskinstopp</b>
Minst 5 knappar	1-8 knappar
CE-märkt	CE-märkt
Godkänt som nödstopp	EJ godkänt som nödstopp
Från 78x143x46	Från 52x83x17
Från 250 g	Från 40 g
Bryter ström utanför räckvidd	Inget sker utanför räckvidd
Ca 15.000 kr	Ca 3.000 kr

Båda alternativ har vissa fördelar så för att ge möjliga installerande företag möjligheten att välja typ av system har styrgruppen beslutat att ge förslag på två lämpliga testsystem, ett godkänt nödstopp och ett maskinstopp.

De föreslagna systemen är *Tele Radio Tiger G2* och *Tele Radio T60-T8*. I urvalsprocessen kunde *Ascom a51* direkt elimineras på grund av ouppfyllda krav från maskindirektivet. Valet av *Tele Radio Tiger G2* motiveras med dess smidiga storlek, goda räckvidd och något högre IP-klassning än de två övriga. I valet av maskinstoppsändare uteslöts *Ascom U971* och *Bosch S67* på grund av avsaknad av maskindirektivgodkännande. *T60-T8* valdes på grund av dess smidiga utformning och höga IP-klassning. Valet av Tele Radios produkter stöds även av att Tele Radios radiosystem har visat sig fungera väl i liknande miljöer där studiebesök gjorts, såsom på Släryds Grus i Rolfstorp.

Tele Radios sändare kan öka sin räckvidd genom att en extern antenn monteras, med en kabel vars rekommenderade maxlängd är 10 meter för att inte ta in för mycket störningar. Eftersom att *Tele Radio T60-T8* inte bryter strömmen när räckviddsområdet lämnas, har det framkommit önskemål om att ha en indikator som visar aktuell täckning. På befintlig sändare är detta inte möjligt på grund av att den endast arbetar med envägskommunikation (sändare till mottagare). Tele Radio säger att skulle vara möjligt att utveckla en sådan sändare men att det i dagens läge är en för dyr lösning för en så pass enkel sändare som säljs i relativt liten skala.

### **Eventuellt fortsättningsprojekt**

Efter nuvarande projekts avslutande finns önskemål både från de ballastproducerande krossföretagen, dvs. användarna av mobila krossverk, och att fortsätta arbeta med projektet. Den naturliga fortsättningen är att genomföra pilotstudier och utvärdera installation och funktion av trådlösa bärbara stoppsystem.

Med det underlag och material som detta projekt har genererat, kan ett antal mobila krossverk väljas ut för pilotinstallation. Ansvarig får då möjlighet att välja typ av system (nödstopp eller maskinstopp) och testa installationen under några månader. Styrgruppens medlemmar kan då hjälpa till att starta upp installationen på valda verk och ge stöd under installation och provtid samt utvärdera resultat under och efter provtiden. Projektet kan mynna ut i ett eller flera fungerande och lättanvända stoppsystem. För att projektet ska lyckas krävs det att både teknik och arbetsrutiner utvärderas.

### **Referenser**

Ian Fraser, Vägledning för tillämpning av maskindirektivet 2006/42/EG - andra utgåvan - juni 2010

Mikael Leander, Tele Radio Sverige AB

Martin Brolin, Rockwell Automation

Bengt Zetterström, SMP - Svensk Maskinprovning

Christer Danielsson, Inspecta

Jörgen Åkesson, Rejlers