© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FRAMTIDA ELEKTRISKA HJULLASTARE (LHD)

Ing. Kent Lindkvist
LKAB

Bakgrund

Vid lastning med hjullastare underjord användes i huvudsak dieseldrift. Dessa lastmaskiner köres som LHD eller i kombination med en eller flera lastbilar eller truckar. Dieselavgasernas påverkan på människan har diskuterats och diskuteras sedan dieseln infördes i gruvor och anläggningar. Dessa kan också jämföras med slutna rum som i hamnar m m och också där är diskussionen om dieselavgaser livlig.

Före hjullastaren användes olika lastmaskiner med elektriska eller pneumatiska drivsystem. Dessa var svåra att flytta, hade dålig ergonomi och sämre kapacitet. Tillkomsten av en dieseldriven hjullastare medförde därför en mycket stor rationaliseringspotential. Vidare blev arbetet för personalen betydligt mycket bättre vad gäller arbetstrygghet, skaderisker etc.

Vad som inte framkom lika tydligt var de kostnader som tillkom för tillförsel av ökad ventilation. Betänker man sedan att luften förvärmes (vid LKAB Kiruna uppvärms luften med +8°C genomsnitt över ett år.) inses lätt att dessa kostnader är betydande. Det är dock mycket viktigt att något bra alternativ till hjullastaren som sådan finns ej, det vill säga att återgå till de lastningsmetoder som förut användes är inget alternativ.

Det som då återstod var att arbeta med förbättringar av dieselmotorn som minskar emissionerna, bättre dieselbränsle eller omvandla de emissioner som kunde förorsaka obehag av olika karaktär till mindre obehagliga emissioner.

En annan väg har varit alternativa drivkällor till dieseldrift och här har eldrift av LHD-maskiner varit ett alternativ.

Eldrift av hjullastare påbörjades som ett projekt av LUH, Boliden Mineral AB och LKAB under andra hälften av 70-talet. Det hade då funnits elektris-

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ka hjullastare redan tidigare. Dessa var dock endast mindre maskiner plus några enstaka med ~7 tons lastkapacitet. Denna storlek var acceptabel för mindre gruvor medan LKAB krävde maskinstorlek kring 10-12 tons lastkapacitet. För att komma upp i storlek och samtidigt få en någotsånär acceptebel längd på kabeln, måste det till nya förordningar och intresse också från tillverkare för att något skulle hända. Det beslutades att 1000 volt skulle vara en lämplig spänning. Denna spänning har också nu blivit norm för även större maskiner.

Testen, av första "större" ellastaren, som gjordes vid Boliden Mineral AB gav till resultat att en vidare utveckling mot elektriska LHD-maskiner var möjlig och önskvärd. Det största problemet var naturligtvis den mindre flexibiliteten som fanns. Vidare var kabelkostnaden hög. Detta berodde mycket på kabelhanteringsproblem samt för ändamålet felaktiga kablar.

Ellastmaskiner idag vid LKAB

LKAB påbörjade sin första test av ellastmaskin vid gruvan i Kiruna år 1982. Det var en Wagner EST8 med beräknad skoplast på 11 tons genomsnittslast per skopa. Hastigheten var max 10,8 km/h och kabellängden ~250 m.

Eftersom man var osäker på hur den skulle fungera, placerades den på ett relativt ostört område. Området var dock planerat för dieseldrift, varför direkta jämförelser vad gällde kapaciteten m m lätt kunde göras. Utfallet av denna test var så positiv att vi fann det möjligt att på lastområden där ellastaren ej behövde flyttas alltför ofta var ellastmaskiner ett klart alternativ till dieselastmaskin i samma storlek. Detta ej endast ur miljösynpunkt utan även rent ekonomiskt och kapacitetmässigt. Maskin nr 2 och 3 var också Wagner EST8, varav en kördes i forskningsgruvan i Luossavaara. Denna körning skilde sig mot det normala vid LKAB såtillvida, att den lastade mestadels mot berglastbilar. Här fick man nyttiga erfarenheter vad gäller ventilation etc. Man låg då med flera lastbilar igång, ofta i närheten av tillåtna gränsvärden beträffande avgasemissioner. Hade man då ej lastat med ellastmaskin skulle man tvingats att stoppa lastningen eller bygga ut ventilationskapaciteten.

Vi har idag 12 st ellastmaskiner igång. 5 st Wagner EST8 och 7 st TORO 500E. Vid LKAB i Kiruna

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

finns 5 st TORO 500E och 3 st Wagner EST8, resterande maskiner går i gruvan i Malmberget.

Idag när reinvestering av lastmaskiner göres är elektriskt drivna LHD-maskiner det för LKAB mest intressanta alternativet.

Erfarenheter

LKAB:s erfarenheter av ellastmaskiner bygger på ca 35000 motortimmar. Dessa timmar är lastningstimmar, d v s till skillnad mot diesellastmaskinens motortimmar, där också maskinflyttning till och från tankställen, arbetsplatser, serviceverkstader och varmkörning m m noteras som motortimmar. Detta torde motsvara ca 10 % av för dieselllastarens registrerade motortimmar.

Generella för- och nackdelar med kabelbundna elektriska lastmaskiner:

1:1 Nackdelar med elektriska lastmaskiner.

1:2 Mobilitet

De elektriska hjullastare som köres i LKAB är i princip byggda på samma koncept som motsvarande diesellastare. Det man gjort är att man bytt ut dieselmotorn mot en elektrisk motor med tillhörande elektronik och en kabeltrumma med en kabel av varierande längd mellan 250-350 m. Detta medför att ellastaren har ett begränsat arbetsområde maximerat upp till 600-700 m enkel väg. Skulle man därutöver behöva flytta maskin till andra platser för exempelvis service, andra lastplatser m m måste någon form av bogsering tillgripas. Detta problem är för LKAB inte så besvärande då man kan arbeta inom samma lastningsområde flera veckor och en stor del av normalt underhåll kan utföras "ute" i gruvan.

Det är däremot ett problem i de gruvor där man ej kan organisera fullt utnyttjande av lastaren under exempelvis ett skift på samma arbetsplats.

1:3 Kabel och kabelhantering

Då kabel är unik för ellastmaskinen och är "förbrukningsmaterial", har det därför varit nödvändigt att utarbeta skydd mot nötning av kabel. Detta kan vara t ex stockar i pelarhörn i ortar där lastmaskinen arbetar i etc.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Ett annat viktigt moment är kabelns sträckning (dragkraft). Då maskinerna med last kan väga över 50 ton och samtidigt ha en hastighet uppemot 15-20 km/h är det inte möjligt att klara denna hantering utan ett bra kabelhanteringssystem.

De dynamiska krafterna som uppkommer vid snabba riktningsförändringar med 300 m kabel på trumman ger mycket stora påkänningar.

Kabellivslangd är vid LKAB 2500-3000 tim och kostar ~25 kr per motortimma. Skydd för kabel inkl. extra nödvändig kringutrustning som t ex installation av 1000 volts nätspänning (transformator m m) kostar för LKAB ca 0.05 kr per ton.

Sammanfattningsvis kan sägas att problemen med kabel och kabelhantering är under kontroll. Vi anser dock att nuvarande system går att förbättra betydligt, speciellt vad gäller sträckning, in- och utmatning av kabel m m.

1:4 Media 1000 V

1000 V spänning är unikt för ellastmaskinerna i LKAB, detta innebär ett extra nät från transformator till lastplats.

1:5 Ny teknik

Övergång från dieseldrift till eldrift innebär också övergång till underhållspersonal med krav på andra kunskaper. Det krävs att behöriga elektriker finns att tillgå och personal som kan läsa installationsritningar finns. Detta problem är inte speciellt för ellastmaskiner utan lika för t ex elhydrauliska borraggregat m m. LKAB har utbildat ordinarie underhållspersonal av diesellastmasiner i elkunskap med bra resultat vid mindre elfel. Där särskild elkompetens erfordras har ordinarie elpersonal använts.

1:6 Konstruktion

Som tidigare påpekats är ellastmaskinen en i grunden diesellastmaskin. Detta innebär att hållfastheten är beräknad på en motorkraft på < 200 kW. Denna har p g a effektförluster ej heller kunnat utnyttjas fullt ut. Med en elmotor på 200 kW kan man överbelasta med mer än det dubbla. Det utnyttjas också, vilket

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

gör maskinen mycket effektiv vid lastning. Konstruktionen är nu mycket bättre än från början då t ex axlar var en svag punkt.

Fördelar med ellastmaskiner

2:1 Energi

De kostnader som direkt kan hänföras till dieselmotorn är dieselbränsle och motorolja. Vid uj-drift tillkommer tillförsel av luft samt insatser att rena avgaser. I senare fallet kan dessa vara katalysatorer och vattenskrubbrar.

Sammantaget är dessa kostnader mycket stora. En diesellastare vid LKAB förbrukar uppemot 35 l dieselolja per motortimma. Den kräver 3000 m^3 luft per liter. Luften förvärms i snitt +8°C, räknat över hela året. Kostnaderna för katalysator och skrubber är anskaffning, rep och underhållskostnad samt förlorad produktionstid för påfyllning av vatten till skrubbrar.

Då kostnadsbesparingar ej enkelt går att inteckna vid övergång från dieseldrift till eldrift har vi (LKAB) delat dessa i driftkostnader och miljökostnader. Driftkostnaderna d v s bränsle, oljor, filter och handhavande av avgaser på maskinen är idag ca 120 kr per motortimma. Räknar man sedan driftkostnaderna för de eldrivna hjullastarna inkl. kabel, kabelhantering, kringutrustning som pelarskydd, transformator och underhåll av detta totalt, är dessa kostnader för LKAB ca 70 kr per motortimma. D v s en besparing med ca 50 kr per motortimma. Bil. 1.

Ser man sedan på den andra kostnadsposten d v s miljökostnaden är denna ej lika lätt att definiera i kr. Detta p g a vissa installationer etc redan är inbyggda tidigare för dieseldrift. Det står dock helt klart att en övergång mot elgruva kommer att ge stora kostnadsbesparingar av värme och ventilationskostnader. **Bil. 2.**

Dessa "inkomster" är idag en intressant potential som hittills bara marginellt påverkat LKAB:s intresse att satsa mera på elektriska hjullastare.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2:2 Kapacitet

Kapacitet mätes vid LKAB i antal ton per motortimma. När man enbart använder diesellastare är detta mått enhetligt då det stora antalet skopor som köres under ett år gör genomsnittlig körsträcka enhetlig. Vad gäller registrerade motortimmar för diesellastaren ingår förutom "rena" lastningstimmar också körning till och från tankställen, reportar, varmkörning m m, vilket kan uppskattas till 5-10 % av antal registrerade motortimmar.

När man mäter motortimmar för en ellastmaskin är dessa uteslutande lasttimmar.

När vi jämför diesel- och el.lastmaskinens kapacitet finner vi att ellastaren har > 25 % större kapacitet per registrerad motortimma. En mindre del kan förklaras med hur motortimmarna registreras. Den större delen är dock p g a att elmotorn under kortare tidsintervall kan överbelastas mer än dubbla uteffekten. Detta innebär att vid inträngning och lastning kan ett effektuttag på uppemot 450 kW vara fullt möjligt av en 200 kW elmotor. Det ger förhållandevis mot en diesellastare på 200 kW en överlägsen fyllnadsgrad utan flera omtag. Ellastmaskinen har också en snabbare acceleration än diesellastaren. Ser man på cykeltider på körsträckor vid 150 m är dessa kortare trots ellastmaskinens lägre topphastighet.

2:3 Miljö och ergonomi

Ellastaren är mycket miljövänlig. Den har inga avgaser, mindre ljudnivå och mindre vibrationer. Vad gäller sikt är den beroende på vilken konstruktion kabelhanteringen har. Då maskinerna har lägre toppfarter och jämnare acceleration upplevs de som mindre stressiga av förarna. Alla förarna som kört ellastare har varit mycket positiva. Det som kan förbättras är utrymmet inne i hytten och då maskinerna har sidoplacerad hytt är vridbar stol med styrning av maskinen önskvärd. Detta kommer att införas med nästa generation ellastmaskiner.

Framtida ellastare vid LKAB

Med utgångspunkt från de erfarenheter som framkommit vad gäller elektriska hjullastare har LKAB

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

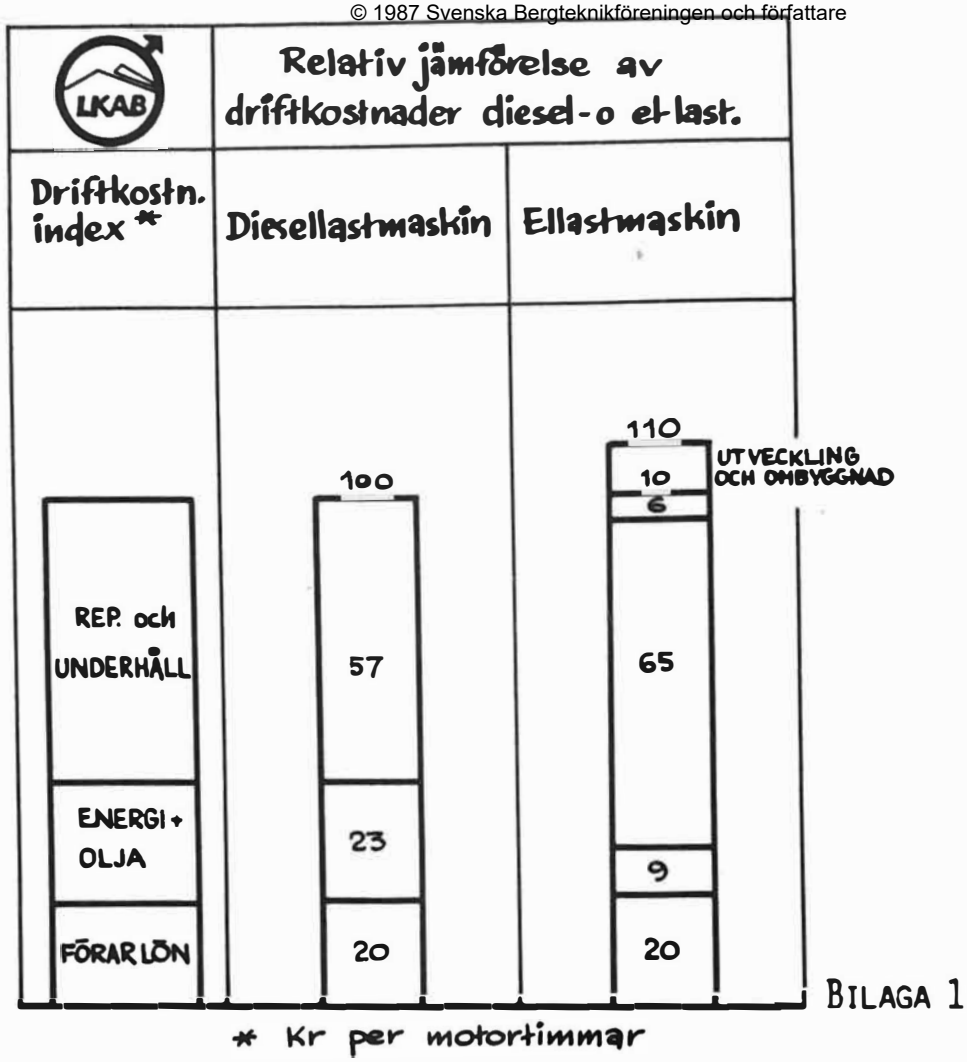
och Boliden Mineral AB och ett tyskt gruvföretag framtagit en kravspecifikation. Denna specifikation syftar mot en mer mobil elektrisk hjullastare.

För LKAB är det dessutom intressant att nästa generation skall vara större. Den storleksökning som åsyftas är från dagens 12-14 tons lastkapacitet per skopa till 20-22 tons medelvikter, d v s en skopviktökning med uppemot 60 %. Med andra ord en maskinstorlek i "dagbrottsklass". Detta torde ej vara möjligt med dieseldrift p g a motorstorlek och vidhängande luft och ventilationsbehov.

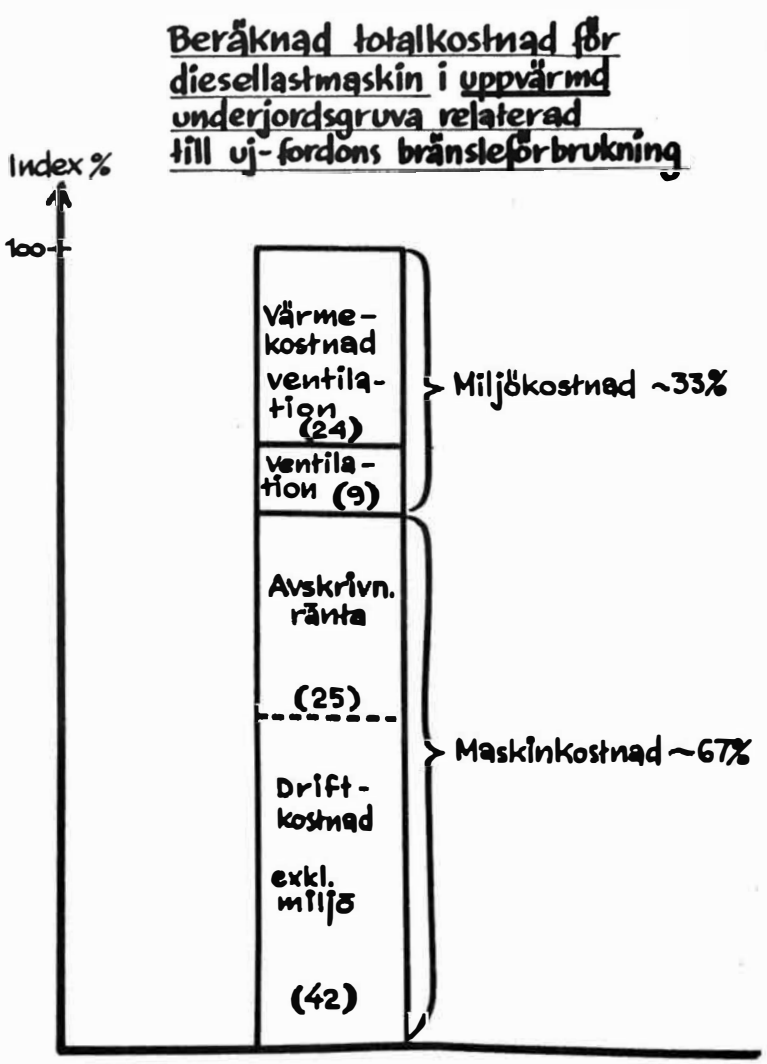
I kravlistan som presenterats för ett större antal tillverkare har upptagits ett tjugotal punkter. Förutom de normala, som längd, vikt, svängradier m m, har gruppen pekat på ny teknik vad gäller uh-tekniska lösningar, ergonomi, diagnossystem etc. Vad som är viktigt är att man konstruerar en framtida ellastmaskin utifrån vad som karaktäriserar elektrisk drift och ej som nu konverterad dieseldrift.

Med utgångspunkt från kravlistan har också från vissa leverantörer ett intresse framkommit. Detta innebär att vi under 1988 kommer att provköra ellastare i tjugotonsklassen och med teknik mer anpassad till gruppens kravlista än vad som tidigare varit möjligt.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare



BILAGA 1



BILAGA 2