© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FRAMTIDENS SPRÄNGÄMNESFABRIKER

Christer Johansson, Nitro Nobel

Historik

Redan innan Alfred Nobel år 1867 uppfann dynamiten var hantering och transport av sprängämnen en livsviktig fråga för bergsprängarna. I och med att den betydligt säkrare dynamiten ersatte krutet och sprängoljan som viktigaste sprängämnena, blev livet lättare för sprängarna. Användning och transport blev betydligt säkrare.

Så småningom växte emellertid behovet av billigare och mera lätthanterliga sprängämnen fram. Efter andra världskriget formligen exploderade uppbyggandet av infrastrukturen i västvärlden. Som svar på det ökade behovet av sprängämne introducerades i tur och ordning ANFO, vattengel- och emulsionssprängämnen, även pumpbara varianter.

Mobila system

Nu är det dags att ta nästa steg i utvecklingen: Mobila system för tillverkning och laddning av pumpbara emulsionssprängämnen, samt blåsbar ANFO, för sprängningsarbeten både ovan och under jord. Detta är ett led i Nitro Nobels strävan mot utveckling av säkrare och flexiblare lösningar för laddning av emulsionssprängämnen.

Traditionellt har bulkemulsionssprängämnen och ANFO tillverkats som färdigt sprängämne i centraliserade fabriker. Sprängämnena har sedan transporterats till sprängarbetsplatsen med speciella laddtruckar, varifrån sprängämnet pumpats respektive blåsts ned i borrhålet.
Detta är väletablerade system som fungerar bra, men ger mycket hantering och riskexponering av explosiva varor.

I dag opererar Dyno Nobel med fem olika koncept för tillverkning och laddning av emulsionssprängämnena **Emulite** ®och **Emulan** ® i bulkform, d v s utan emballage, av vilka de nyaste, mobila kommer att beskrivas mera ingående.

Säkerhet

Samhällets restriktioner på hantering av farligt gods i allmänhet och explosiv vara i synnerhet håller på att förändras, främst beroende på harmonisering av regler inom EU, men även beroende på samhällets krav på riskminimering. Detta ställer nya krav på oss som leverantörer av systemlösningar för modern bergsprängning

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Även om emulsionssprängämnen generellt är mycket okänsliga med avseende på oavsiktlig tändning, finns det vissa risker som sprängämnestillverkare är särskilt observanta på. Det är speciellt pumpoperationerna, där felaktig pumpning kan orsaka explosion. En annan risk är brand kring emulsion innesluten i ståltank. Emulsionens dåliga värmeledning kan medföra lokal upphettning, som startar ett snabbt sönderfall med risk för explosion.

Vad gäller transport av pumpbara emulsionssprängämnen i tank är Sverige ett av få EU-länder som har ett nationellt avsteg från gällande ADR-regler, vilka förbjuder transport av sprängämne. Det är mot denna bakgrund som Dyno Nobel eftersträvar att ersätta äldre laddbilar, som pumpar färdigt sprängämne, med de nya systemen som minskar ovanstående risker. Detta åstadkommes genom annat materialval samt att emulsionen känsliggörs till färdigt sprängämne i ett så sent skede som möjligt i laddkedjan. Samtidigt medför mobil tillverkning logistiska fördelar och större flexibilitet att anpassa sprängstyrkan till rådande bergförhållanden. Detta ger möjlighet till större optimering av bormings- och sprängnings - operationen för varje enskild sprängplats.

Emulsioner

Emulsionssprängämnen karakteriseras av mycket god vattenbeständighet, genererar mindre mängd giftiga spränggaser samt har en struktur som ger fullständigt sönderfall vid detonation och därmed hög verkningsgrad.

Emulsionssprängämnen är uppbyggda av en saltlösningsfas och en oljefas. Med hjälp av emulgatorer mixas dessa två faser samman till en "vatten i olja emulsion", s k emulsionsmatris eller råemulsion. Det är oljehinnan, som omsluter dropparna av saltlösning, som ger emulsionen dess i särklass höga vattenresistens. I denna form har emulsionsmatrisen en densitet på ca 1,4 kg/l och är ett förstadium till sprängämne och klassificeras som oxiderande ämne, klass 5.1 enligt ADR-bestämmelserna. För att känsliggöra matrisen så att den får explosiva egenskaper sänks densiteten genom införandet av små håligheter. Detta möjliggöres genom inblandning av små hårda glasballonger eller genom kemisk gasning där gasblåsorna bildar håligheterna. För att förändra emulsionssprängämnets detonationsegenskaper är det vanligt att blanda emulsionen med viss del ANFO, t ex **Emulan®** , men med bibehållen vattenresistens och pumpbarhet.

Miljöaspekter vid val av sprängämne

Kväveläckage

De civila sprängämnena innehåller mellan 50 till 95% nitrater, företrädesvis ammoniumnitrat och natriumnitrat, vilka är lättlösliga i vatten. Vid upplösningen

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

bildas ammonium-, nitrat- och natriumjoner, där kvävet i nitrat- och ammoniumjonerna utgör näringsämnen i naturens kretslopp.

Generellt gäller att patronerade sprängämnen ej ger stora kväveutsläpp genom att de inte löses i vatten. Bulksprängämnen däremot utgör en potentiellt större utsläppskälla. Detta gäller speciellt sprängämnen av ANFO-typ, som har mycket dålig vattenresistens. Kväveutsläpp från spränggaser fås från både patronerade sprängämnen och bulksprängämnen, då nitrösa gaser bildas och avgår, dels som gas och dels som löst i omgivande vatten. Vid användandet av bulksprängämnen måste man i största möjliga mån eliminera mängden spill utanför borrhålen, eftersom detta sprängämne aldrig kan detonera. Kvävet i ANFO-spill löses relativt omgående i vatten, medan spillet från bulkemulsion sönderfaller mycket långsamt, men kommer så små- ningom att avge kvävet till omgivande vatten.

Utsläpp via spränggaserna

När sprängämnen detonerar bildas ca 1000 liter gasformiga produkter per kilo, varav 5-10% utgör miljöskadliga ämnen. Dessa föreningar består huvudsakligen av kolmonoxid och nitrösa gaser (ofta benämnt som NO_x, vilket är totalen av NO och NO_2). Mängden giftiga spränggaser är beroende av en rad faktorer. De viktigaste är sprängämnets kemiska sammansättning och homogenitet samt dess vattenbeständighet.
Alla emulsionssprängämnen avger klart mindre toxiska gaser jämfört med ANFO- och ng-sprängämnen. Detta gäller speciellt nitrösa gaser. Framförallt under jord har det en stor praktisk betydelse då det direkt påverkar arbetsmiljön och drivningstakten. Brytningsfronten blir snabbare tillgänglig och tunneln kan då färdigställas på kortare tid. Med det nya SSE-systemet för tunneldrivning kan hela salvan laddas med ett och samma emulsions-sprängämne. Detta system ger ett minimum av toxiska spränggaser. Som riktvärden kan nedanstående tabell användas, men det bör påpekas att stora variationer kan förekomma beroende på vattenförekomst och bergets homogenitet.

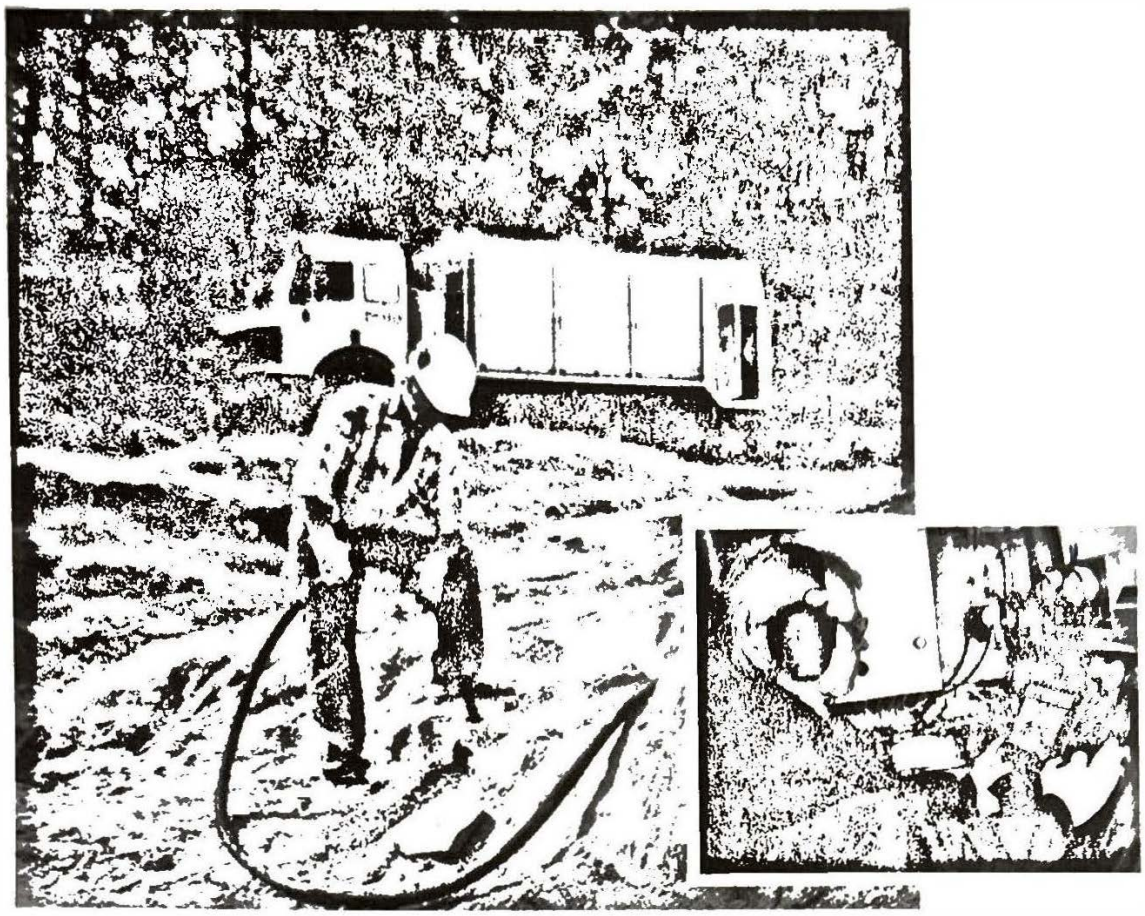
Sprängämnestyp	Mängd koloxid, liter per kg sprängämne	Mängd kväveoxider*, liter per kg sprängämne
GURIT, 17 mm rör	70-90	2
DYNAMEX, 29 och 32 mm rör	30-50	2
DYNAMEX, slang	15-20	2
EMULITE 100, 29 och 32 mm rör	15-20	< 1
EMULITE 100, slang	10	< 1
PRILLIT A	10-20	7-12
EMULITE 1100	8-13	< 0,5

* *Ungefärliga värden*

Emulan beräknas ge ca 25% högre värden än Emulite 1100

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Dyno Nobel's SME-system



SME-systemet ger möjlighet att variera sprängämnets sammansättning och densitet inom vida gränser.

SME - System (Site Mixed Emulsion) är en vidareutveckling av ett tidigare system för mobil tillverkning, som funnits sedan 60-talet. Detta nygamla system är det av dagens mobila system som ger högst säkerhet och flexibilitet av bulkemulsionssystemen. Här kan sammansättningen och densiteten varieras inom vida gränser för att anpassa sprängämnets prestanda. Systemet är under ständig utveckling och ger nu möjlighet att produca extremt lätta varianter, med en densitet av ca 0,6 kg/l, som är färdiggasade på någon minut, vilket gör det lättare att klara avladdningsnivåer. På de nya truckarna är hela produktionsprocessen datoröver-vakad. Detta gör att mängden sprängämne och verkningsgraden kan optimeras mer än tidigare, vilket medför ett minimum av utsläpp till närmiljön.

SME-systemet är uppbyggt kring en station för råvaror och halvfabrikat, vilka ej är explosiva. Huvuddelen av råvarorna upplöses i vatten till en koncentrerad saltlösning, som måste varmhållas. Råvarorna och halvfabrikaten fylls i SME-truckens isolerade tankar och behållare för transport till sprängarbetsplatsen. Några av råvarorna är klassade som farligt gods och därmed ADR-märks hela trucken som transport av oxiderande ämne, klass 5.1.

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SME-trucken bär med sig råvaror för ca 8 ton färdigt sprängämne och kan kombineras med ett släp för ytterliggare råvaror.

Emulsionsmatrisen tillverkas i direkt samband med laddningen av varje enskilt borrhål och matrisen känsliggörs till sprängämne under laddningen genom kemisk gasning. Denna känsliggöring sker successivt under emulsionens pumpning genom laddslangen för att vara helt färdig efter några minuter i borrhålet. Laddningskapaciteten är ca 100 kg/min vid 100 meters laddslang.

Den kemiska gasningen ger naturligt en densitetsgradient, p g a att sprängämne-spelarens statiska tryck komprimerar gasblåsorna mera längst ned i borrhålet jämfört med högre upp, vilket är sprängtekniskt riktigt. Denna effekt kan förstärkas genom att borrhålen laddas i två omgångar med emulsionssprängämnen med olika sammansättning, med separerade botten- och pipladdningar med olika prestanda.

Med detta system har vi på flera ställen kunnat sänka specifika laddningen med >10% jämfört med när borrhålen laddats med fabrikstillverkat sprängämne, där densiteten och därmed ladd- ningskoncentrationen är konstant utmed hela borrhålets längd

Dyno Nobels SSE-system

SSE - System™ (Site Sensitized Emulsion) är utvecklat för att användas till sprängningsarbeten under jord, såsom tunnlar, bergrum och gruvor. Systemets flexibilitet medger också att det kan användas ovan jord .

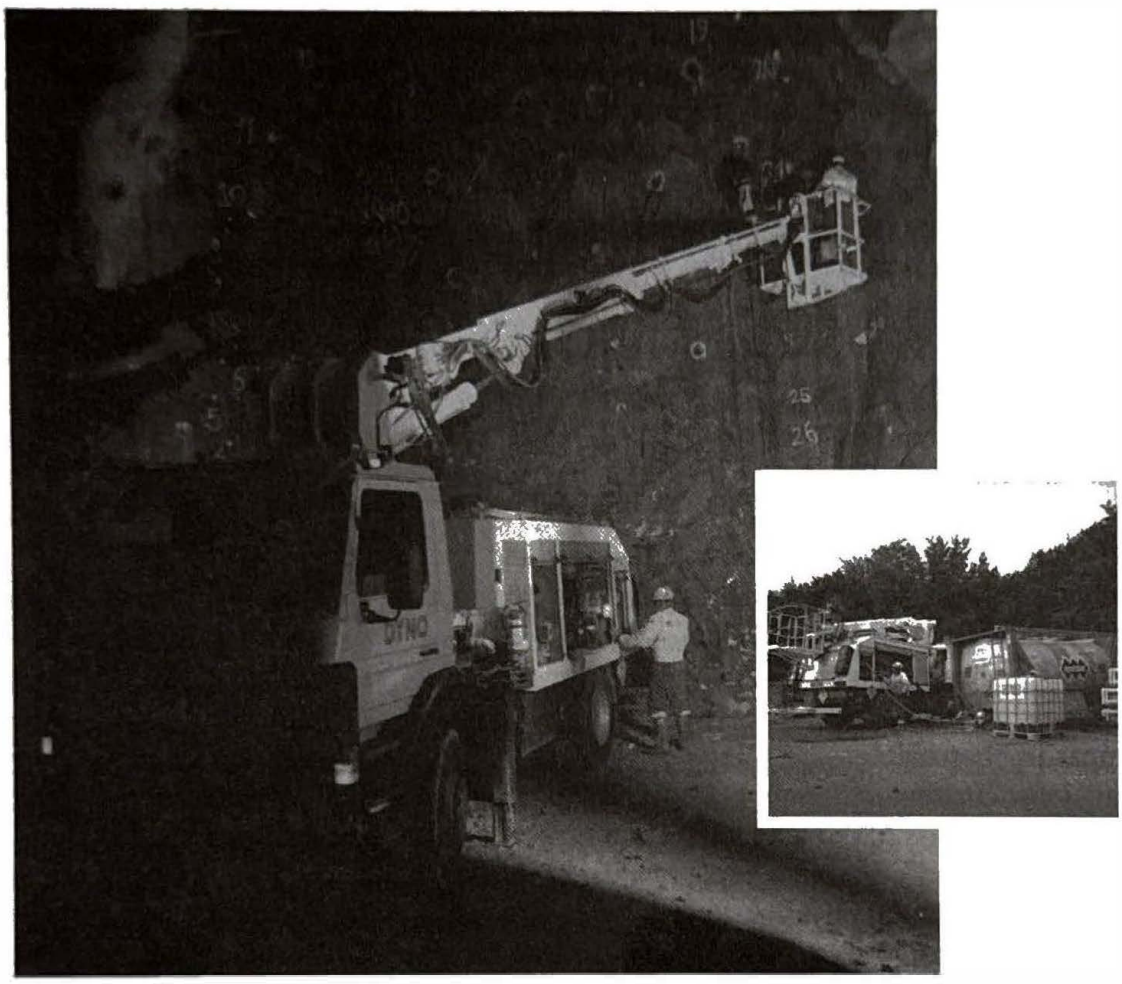
SSE-systemet består av en laddtruck med två laddlinjer, lagringstankar för emulsionsmatris och gasningsmedel samt överföringspumpar för påfyllning av dessa halvfabrikat till SSE- trucken.
Laddtrucken framställer emulsionssprängämnet **Emulite® 1100** av en färdigblan-dad emulsionsmatris, genom kemisk gasning, i samma takt som blandningen pumpas in i borrhålen.
Emulsionsmatrisen och gasningslösningen är klassificerade som oxiderande ämnen (ADR klass 5.1). Detta innebär att man undviker transport, lagring och hantering av stora kvantiteter explosiva varor på arbetsplatsen.

Emulsionsmatrisen fraktas till sprängarbetsplatsen med speciell tankbil och lagras i aluminiumtankar. Tankar av aluminium har valts för att uppnå ökad säkerhet, då detta material betraktas som medbrinnande emballage om tanken blir utsatt för kraftig värmepåkänning vid brand. Matrisen i sig själv är mycket svår att antända och brinner först efter det att stor del av ingående vatten har avdrivits. Emulsionen har så hög viskositet att den ej rinner ut ur en öppen tankventil utan måste pumpas ut ur tanken och in i aluminiumtanken på SSE trucken.
Eftersom hanteringen av SSE- trucken i praktiken är en tillverkning av sprängämne krävs att speciella myndighetskrav uppfylls på sprängarbetsplatsen

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

och trucken operas av personal med speciell utbildning. Laddtrucken körs till sprängarbetsplatsen med bilens dieselmotor. Vid laddningen drivs SS Etrucken el-hydrauliskt för bästa arbetsmiljö.

Under själva laddningsprocessen tillsätts gasningsmedel i samma takt som borrhålen laddas. Vid denna inblandning bildas små gasblåsor i emulsionen, vilket reducerar densiteten så emulsionen får explosiva egenskaper. Inom loppet av några minuter reduceras densiteten ned till ett område då man har erhållit sprängämnet **Emulite® 1100**. Hela tillverkningsprocessen på laddtrucken är datorövervakad. Laddprocessen sköts av två operatörer via fjärrkontroll, en för vardera laddlinjen. Den ena laddlinjen betjänar de borrhål som nås av operatören från sulan, medan den andra betjänas av operatören i truckens laddkorg.



Slangutdragaren tillsammans med möjligheten att variera densiteten gör att konturhål och strosshål kan laddas med samma sprängämne.

Laddlinjen som går till laddkorgen är utrustad med en patenterad slangut- dragningsmekanism, som medger kontrollerad, re- ducerad laddning av konturhål. Vanligtvis används olika sprängämnestyper i olika delar av en tunnelsalva, t ex laddas kontur- och hjälparhål med olika typer av rörladdningar, liksom sulhålen

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

p g a vattenproblem. Resterande hål i salvan laddas oftast med ANFO . Allt detta medför extra kostnader vid beställning, lagerhållning och användande.

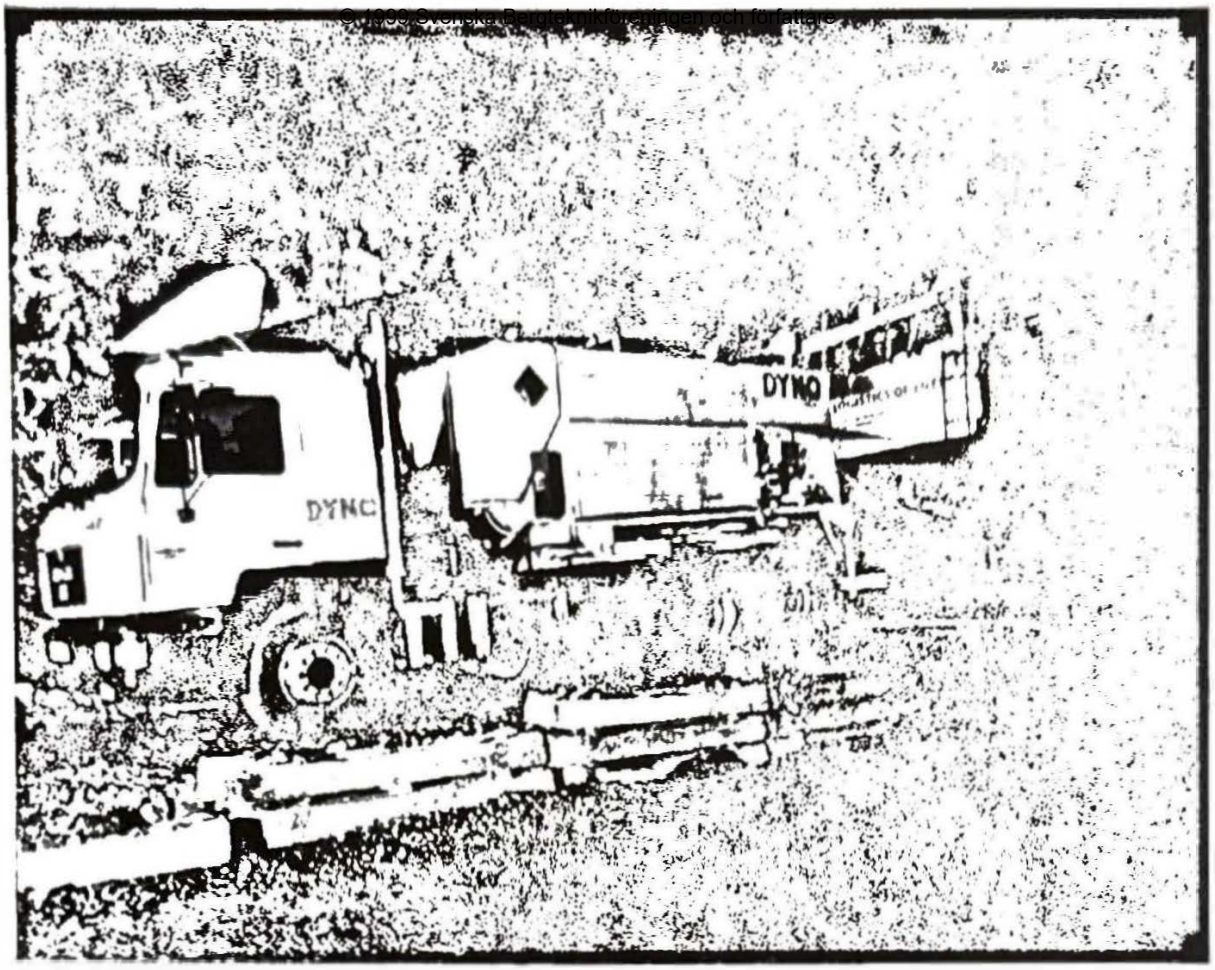
Dyno Nobel har vid utvecklingen av SSE-systemet eliminerat dessa olägenheter genom användandet av en automatisk slangutdragningsmekanism, vilken styrs via PLS-enheter (Programmerbar Logisk Styrning). Emulsionens goda vattenbeständighet och möjligheten att datoriserat styra laddningspump och slangutdragningshastighet gör att **Emulite®1100** kan användas för samtliga borrhål i tunnelsalvan.

Laddningskoncentration och mängd per hål kan förprogrammeras för fem olika håltyper.
Med en enkel omställning på touchpanelen kan laddningskoncentrationen i borrhålen steglöst justeras från 350 g/m och upp till 100 %-ig fyllningsgrad. Att växla mellan fulladdade borrhål och reducerad laddningskoncentration, strängladdning, för konturhål utföres enkelt via fjärr- kontrollen eller på touchpanelen. Genom möjligheten att variera sprängämnets densitet och fyllnadsgrad av borrhålet kan energikoncentrationen anpassas till rådande sprängtekniska förhållanden.

Emulite®1100 är ett vattenbeständigt syrebalanserat bulksprängämne, d v s utan emballage.
Vid användning av detta sprängämne jämfört med konventionella sprängämnen får man en betydlig miljöförbättring för personal som uppehåller sig i tunnlar eller gruvor. Speciellt gäller detta reduktionen av de giftiga spränggaserna No_x och CO, men också koncentrationen av damm reduceras och därmed blir sikten bättre. Vidare visar prover på avloppsvatten från tunnlar en lägre halt av nitrater.

Dyno Nobels AnB-System
AnB-System (Ammoniumnitrat Bulk System) är ett mobilt system för leverans och tillverkning av ANFO-sprängämnen vid förbrukarstället. Den speciella blandarbilen med släp kan på många platser vara ett effektivt och miljöanpassat system. Blandarbilen, som bär råvaror för ANFO, tillverkar och fyller färdigblandade ANFO-sprängämnen direkt i godkänd silo på förbrukningsstället, för vidare påfyllning av laddfordon. Alternativt kan trucken fylla ANFO i storsäckar, vilka endast går i retur inom sprängarbetsplatsen. Med en sådan fordonskombination kan blandarbilen lastas med råvaror, så som ammoniumnitrat och dieselolja, medan släpet lastas med ytterligare råvaror alternativt andra sprängmedel som behövs på sprängarbetsplatsen.
Blandarbilens processkruvar är anordnade för säker tillverkning och homogen blandning. Här uppnås också säkerhetsambitionen att råvarorna bildar ett sprängämne först vid utlastnings- skedet, d v s så sent som möjligt i blandningsprocessen.
Det viktigaste är att ANFO används där förhållandena är de rätta, d v s torrt berg och rätt justerad laddutrustning, så att spillet hålls på ett minimum. Under sådana förhållanden är ANFO ett fullvärdigt komplement till bulkemulsionerna.

©1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare



AnB-systemet är en komplett fabrik för tillverkning av ANFO ute på arbetsplatsen. Sprängämnet lagras i en silo för rationell fyllning av laddfordonet.

Sammanfattning

SME- och SSE-systemen är de mest flexibla och säkra laddsystemen för bulkemulsioner.
Vid användning av **Emulan** ® eller ren emulsion, **Emulite** ®, behövs inget inneremballage för produkten, vilket bidrar till låga halter av toxiska gaser. En annan fördel är att inget ytteremballage heller behövs, vilket är gynnsamt ur miljösynpunkt. Med pumpning av emulsioner närmar sig spillet noll, då laddkärlen sällan behöver göras rena och laddstopp är sällan förekommande. Ytterligare en fördel med bulkemulsioner är att man kan optimera hålsättningen och påverka laddningskoncentrationen i olika delar av borrhålet oberoende av om borrhålen är torra eller vattenfyllda. En icke oväsentlig fördel för bulkemulsioner är det kraftigt minskade behovet av att bära kartonger, ofta på en isig och hal pall.

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Emulsionssprängämnen i bulkform har klara miljöfördelar vad gäller

* Toxiska spränggaser	där halterna är väsentligt lägre jämfört med konventionella sprängämnen och ANFO.
* Spill / kväveläckage	vid rätt upplägg kan spillet och kväveläckaget reduceras till mycket små mängder.
* Emballage	de pumpbara emulsionssprängämnena ger inga miljöproblem med emballage.
* Säkerhet	SME - och SSE - systemen med datoriserad övervakning ger minimal riskexponering jämfört med tillverkning och hantering av konventionella produkter.

Utveckling av AnB hos Dyno Nobel i Norge visar att även ANFO-sprängämnen kan miljöanpassas under förutsättning att de används under rätt förutsättningar. Vad gäller utsläpp av kväveföreningar vid ANFO-laddning visar utredningar att ca. 2/3 kommer från spill under hantering och laddning. Med förbättrad logistik och tekniskt förbättrat laddsystem, samt ökad användardiciplin kan detta spill reduceras till ett minimum.

Med ny laddteknik och kontinuerlig utveckling av både produkt och system är **bulkladdning**, med system anpassade till förhållandena på sprängarbetsplatsen, ett svårslaget koncept. För en gångs skull går miljömässiga och ekonomiska fördelar hand i hand.