

Rapport

Nunasvaara Södra, Kiruna kommun

Utredning avseende vibrationer, luftstötvågor och stenkast

Rapportnummer 1924 8597 R 01
Datum 2019-09-12
Uppdragsgivare Talga Graphene AB



Handläggare:

Granskad av:

Dick Öhman

Olof Bergström

Sammanfattning

Det planerade dagbrottet i Nunasvaara Södra ligger relativt långt ifrån omgivande bebyggelse. De i rapporten angivna sprängtekniska förutsättningarna leder till att utredningen kommer fram till nedanstående resultat.

Avseende **vibrationer** så visar utredningen att man vid närmsta bebyggelse, **som högst**, kan förvänta sig vibrationsnivåer på 1,4 mm/s. På längre avstånd från sprängningarna kommer nivåerna att vara lägre. Beräknade vibrationsnivåer är betydligt lägre än de som utgör risk för teknisk skada på aktuella byggnader och bedöms kunna uppfylla framtida vibrationsvillkor.

Avseende **luftstöt vågor** så visar utredningen att man vid närmsta bebyggelse, **som högst**, kan förvänta sig nivåer på 70 Pa, reflektionstryck. På längre avstånd från sprängningarna kommer nivåerna att vara lägre. Beräknade luftstöt vågsnivåer är betydligt lägre än de som utgör risk för teknisk skada på aktuella byggnader och bedöms även kunna uppfylla framtida villkor avseende luftstöt vågor.

Avseende risken för **stenkast** så är omgivande bebyggelse belägen betydligt längre ifrån arbetsområdet för sprängning än det beräknade säkerhetsavståndet. Inga speciella sprängtekniska åtgärder behöver därför vidtas för den omgivande bebyggelsen. Stenkast är en viktig säkerhetsaspekt att beakta och i alla sammanhang ska risken för stenkast minimeras. Det är därför viktigt att följa normala säkerhetsåtgärder som att anpassa utslagsriktningen, uppfylla kraven på förladdning i såväl längd som kvalitet, anpassa laddningen till den faktiska försättningen och ev. hålavvikelse etc.

Sammanfattningsvis kan konstateras att planerad brytning med angivna sprängtekniska förutsättningar kan bedrivas på ett säkert sätt och med liten omgivningspåverkan avseende vibrationer, luftstöt vågor samt risk för stenkast.

Även om beräknade och förväntade nivåer av vibrationer och luftstöt vågor är låga kommer sannolikt de flesta av de boende inom det i rapporten undersökta området märka av produktionssprängningarna. Därför rekommenderas att man har fasta skjuttider eller ett system som förvarnar innan sprängning så att man kan eliminera den överraskningseffekt som annars kan uppstå.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1. Uppdrag	4
1.1. Uppdragsgivare	4
1.2. Bakgrund	4
1.3. Lokalisering.....	4
1.4. Underlag	5
2. Inventering av närliggande bebyggelse och anläggningar.....	5
2.1. Inventeringsområde	5
2.2. Närliggande bebyggelse	5
2.3. Närliggande anläggning.....	7
3. Vibrationer.....	8
3.1. Allmänt.....	8
3.2. Tillåtna vibrationsnivåer	8
3.2.1. Riktvärden teknisk risk enligt SS 4604866:2011	8
3.3. Beräknade vibrationer.....	9
3.3.1. Underlag	9
3.3.2. Sprängtekniska förutsättningar.....	9
3.3.3. Beräkningsresultat vibrationer	9
3.4. Bedömning av vibrationer	10
4. Luftstöt vågor.....	10
4.1. Allmänt om luftstöt vågor	10
4.2. Tillåtna luftstöt vågor	11
4.2.1. Riktvärden teknisk risk enligt SS 02 52 10	11
4.3. Beräknade luftstöt vågor	11
4.3.1. Underlag	11
4.3.2. Beräkningsresultat luftstöt vågor	11
4.4. Bedömning av luftstöt vågor.....	12
5. Stenkast.....	13
5.1. Allmänt om stenkast	13
5.2. Beräknade kastavstånd	14
5.3. Åtgärder för minskad kastrisk.....	15
5.3.1. Minska laddningen.....	15
5.3.2. Riktningen på salvan	16
5.3.3. Täckning	16
5.3.4. Övriga åtgärder.....	17
5.3.5. Sammanfattning åtgärder stenkast	17
5.4. Säkerhetsavstånd	17
5.5. Bedömning av stenkast	18

1. Uppdrag

Nitro Consult har fått i uppdrag att utreda omgivningspåverkan med avseende på vibrationer, luftstöt vågor och risken för stenkast i samband med planerad gruvdrift i Nunasvaara Södra, Kiruna kommun. Utredningen upprättas i samband med ansökan om bearbetningskoncession och miljötillstånd. Utredningen avser även att, utifrån de redovisade förut-sättningarna, svara på om det föreligger risk för teknisk skada på närliggande bebyggelse samt om beräknade nivåer bedöms klara eventuella miljövillkor.

1.1. Uppdragsgivare

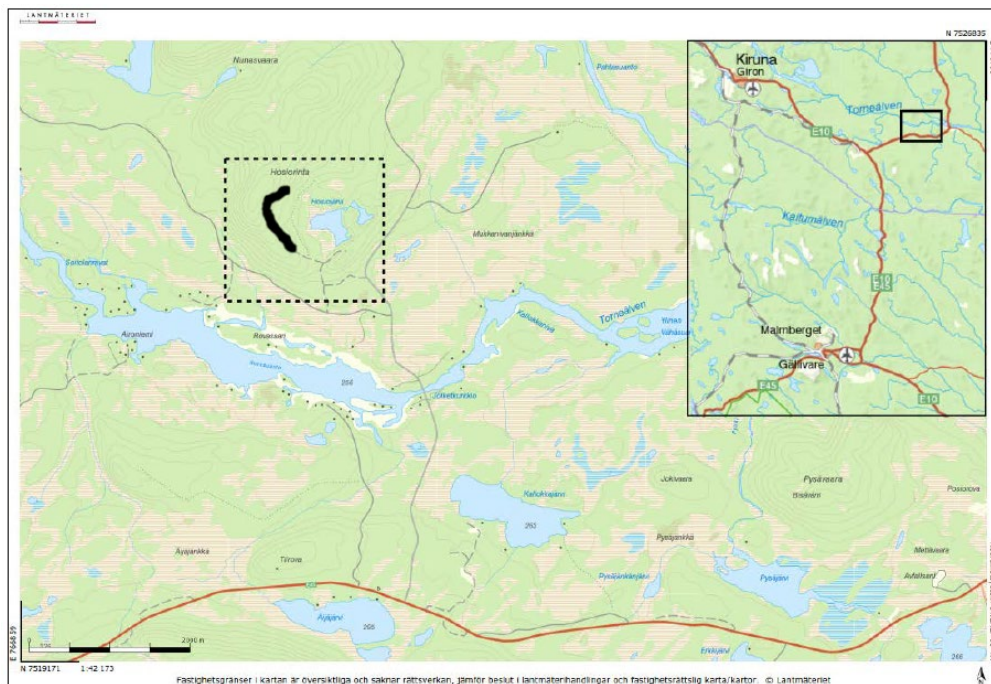
Talga Graphene AB
c/o Intertrust (Sweden) AB
Att: Peter French

1.2. Bakgrund

Talga Graphene AB planerar att bryta upp till 100 000 ton grafit per år på fastigheten Stenbrottet 2:1. Fyndigheten Nunasvaara Södra ligger i närheten av Vittangi i Kiruna kommun. Brytningen planeras ske i dagbrott och utvinningen beräknas pågå under ca 25 år, följt av en period av efterbehandling och kontroller.

1.3. Lokalisering

Grafitfyndigheten Nunasvaara Södra är belägen ca 10 km väster om Vittangi i Kiruna kommun, se figur 1.



Figur 1: Lokalisering av det planerade verksamhetsområdet, markerad med fyrkant i kartan Nunasvaara Södra grafitfyndighet är markerad med svart.

De i rapporten angivna avstånden är ungefärliga och utgår från det i figur 1 svartmarkerade området för grafitfyndigheten, om inte annat anges. Det är även i det området sprängningsarbeten planeras att utföras.

1.4. Underlag

Nedan angivet underlag har använts. Utöver detta har även annat underlag använts, och finns då angivet som referens/underlag i text.

- Verksamhetsbeskrivning, samrådsunderlag, kartmaterial och sprängtekniskt underlag erhållet av beställaren
- Platsbesök utfört den 17/7 -19
- Erfarenheter från liknande uppdrag
- Sveriges geologiska undersökning, SGU, Jordartskarta
- Svensk Standard SS 4604866:2011, *Vibration och stöt - Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader*
- Svensk Standard SS 02 52 10, *Vibration och stöt - Sprängningsinducerade luftstöt vågor - Riktvärden för byggnader*

2. Inventering av närliggande bebyggelse och anläggningar

2.1. Inventeringsområde

En inventering är utförd gällande närliggande bebyggelse och anläggningar. Inventeringsområdet sträcker sig i cirka 5 km omkrets runt det planerade brytområdet.

En översiktlig inventering har först gjorts med ledning av det erhållna materialet i form av beskrivningar och kartor. Platsbesök har gjorts den 17/7 -19, vid inventeringen har den närmast angränsande bebyggelsen dokumenterats.

2.2. Närliggande bebyggelse

Närliggande bebyggelse har vid inventering beaktats på ett avstånd av upp till ca 1500 meter från angiven brytning. Försättningsvis angivna avstånd avser på motsvarande sätt avstånd mellan identifierade objekt och brytningsområdet.

Inom angivet avstånd har inga bedömda permanentboenden lokaliserats. Inventerad fritidsbebyggelse utgörs av källarlösa träbyggnader. Eldstaders rök- och avgaskanaler bedöms exteriört och okulärt utgöras av stål- och rörkonstruktioner. Inom fritidsboendet kan dock enstaka murade konstruktioner förekomma.

I väst, norr och öst om brytningsområdet har inga byggnader identifierats i riktning från klockan nio till tre angivet enligt klockmetoden.

I sydöst har två fritidsboenden, fritidshus med ekonomibyggnader, lokaliserats. Dessa har adress Norra Rovasuando 40 (ca 1200 meter) och 50 (ca 1300 meter).



Bild 1. Norra Rovasuando 40, Kiruna Vittangi 4:9. Illustration sydöst.

I söder ligger Torneälven med en lång ö, Rovasaari, längs och parallellt med älvens norra strand. På denna ö återfinns bedömt tre fritidsboenden varav två med angivna adresser, Norra Rovasuando 80 och 88 (samtliga ca 1100 meter). I avsaknad av tillgänglig båtförbindelse eller drönare, har inventeringen på ön inte kunnat utföras genom ett traditionellt platsbesök utan genom studier av karta och satellitbilder.

Nordväst i Rovasaaris förlängning ligger ytterligare en ö med bebyggelse. Två fritidsboenden, med adress Norra Rovasuando 90 och 94 (ca. 1100-1200 meter) har lokaliserats. I likhet med förhållandena på Rovasaari har även dessa lokaliserats främst genom kart- och satellitbildsstudier.



Bild 2. Norra Rovasuando 94, Kiruna Vittangi 27:28. Illustration ö nordväst om ön Rovasaari.

Avslutningsvis återfinns i sydväst ett område med ett knappt tiotal olika fritidsboenden (ca 1000-1400 meter) varav några återfinns på adresserna Norra Rovasuando 100, 110, 120, 122, 126, 128. Bland dessa byggnader återfinns även helt nyuppförda byggnader och pågående byggnationer.



Bild 3, Nybygge nära Norra Rovasuando 120, Kiruna Vittangi 25:19 . Illustration sydväst.



Bild 4. Norra Rovasuando 110, Kiruna Vittangi 25:20. Illustration sydväst.

2.3. Närliggande anläggning

Några närliggande anläggningar eller konstruktioner har inte lokaliserats inom inventerat område beaktat ett avstånd av ca 1500 meter från angiven brytning.

3. Vibrationer

3.1. Allmänt

Vid sprängning uppstår vågrörelser som ger vibrationer i marken. Vågrörelserna har en utbredning som påminner om de ytrörelser som uppstår när ett föremål kastas i vatten. Vågorna sprider sig symmetriskt utåt från detonationen och avtar med ökat avstånd. Utbredningen är beroende på ett flertal faktorer som exempelvis; typ av vågor och markbeskaffenhet. Storleken på vibrationen beror främst på avståndet till sprängningen och energin från den samverkande laddningen.

3.2. Tillåtna vibrationsnivåer

Vilka tillåtna vibrationsnivåer som kommer att gälla vid närliggande bebyggelse styrs dels av det vibrationsvillkor som kommer att omgärda verksamheten samt dels av att inga byggnader skall skadas.

3.2.1. Riktvärden teknisk risk enligt SS 4604866:2011

Den aktuella Svenska Standarden SS 4604866:2011 skall tillämpas vid beräkning av riktvärden för tillåtna vibrationer i samband med sprängningsarbeten. Riktvärden sätts så att skador inte skall uppstå på byggnader och standarden gäller alla slags sprängningsarbeten såsom bergtakter, gruvor och anläggningsarbeten. Riktvärdena tar inte hänsyn till den psykologiska effekt som sprängning kan ha på den som vistas i byggnaderna, inte heller till de risker för skador eller driftstörningar som kan uppstå på vibrationskänsliga utrustningar som t.ex. transformatorstationer.

I standarden tas framförallt hänsyn till byggnadens:

- Undergrund
- Vibrationskänslighet i konstruktion och material
- Avstånd till sprängplats
- Typ av verksamhet

Tillåten vibrationsnivå för byggnader anges normalt vid denna typ av verksamhet för avståndet 350 m (v_{350}). Vid avstånd över 350 m är riktvärdena konstanta, d.v.s. värdet för V_{350} gäller för avstånden 350 meter och längre.

Enligt SS 4604866:2011 används **vertikal** svängningshastighet, mm/s, som skadekriterium.

Beräkning av tillåtna vibrationsnivåer för att undvika skador har utförts utifrån förutsättningarna att:

- Majoriteten av byggnaderna anges översiktligt vara grundlagda på ishavssediment. Ett fåtal av de närmast belägna fritidsboendena i sydväst anges vara grundlagda i torv
- De i fritidsbebyggelsens ingående byggnadsmaterialen domineras av trä

- Avståndet från sprängningen är mer än 350 meter
- Sprängning sker oftare än med två salvor per vecka

Ett beräknat riktvärde enligt dessa förutsättningar, för att undvika teknisk skada på fritidsbebyggelsen, blir enligt Svenska Standard SS 4604866:2011, $v = 8 \text{ mm/s}$.

3.3. Beräknade vibrationer

3.3.1. Underlag

I Nunasvaara planeras brytningen att ske i dagbrott ovan jord. Förutsättningarna för vibrationsberäkningarna baserats på markförhållanden, sprängtekniska förutsättningar samt på empiriska samband från ett stort antal vibrationsmätningar och analyser vid gruvor, bergtäkter och dagbrott i Sverige. Beräkningarna baseras på de uppgifter som erhållits från beställaren avseende bl.a. den maximalt samverkande laddningsmängden.

De utförda vibrationsberäkningarna baseras på de förutsättningar som innebär största tänkbara vibrationspåverkan.

3.3.2. Sprängtekniska förutsättningar

De sprängtekniska förutsättningarna som är av betydelse för denna rapport redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Sprängtekniska förutsättningar

Håldiameter	64 mm
Högsta pallhöjd	10 m
Håldjup	12 m
Typ av produktionssprängämne	Emulsioner
Densitet sprängämne	1,15 kg/l
Samverkande laddning	100 kg

3.3.3. Beräkningsresultat vibrationer

Beräkningarna har även utgått från den minst gynnsamma utslagsriktningen.

Den maximala vibrationsnivån med de givna förutsättningarna har beräknats i tabell 2.

Tabell 2: Beräknade maximala vibrationer (mm/s) med högsta pallhöjd 10 m

Avstånd (m)	2,5" (64mm) (mm/s)
1000	1,4
1250	0,9
1500	0,7
2000	0,4

Det finns inga utförda vibrationsmätningar på den aktuella platsen och därmed kan de platsspecifika konstanterna skilja sig något från de som använts i beräkningarna.

Det är dock osannolikt att avvikelserna skulle vara väsentliga. De värden som anges i tabell 2 stämmer också väl överens med vår erfarenhet från mätningar på andra ställen med liknande förutsättningar.

3.4. Bedömning av vibrationer

Beräknade vibrationsnivåer vid närmsta fritidshus visar att man, **som högst**, kan förvänta sig vibrationsnivåer på 1,4 mm/s.

Beräknade vibrationsnivåer är betydligt lägre än de som utgör risk för teknisk skada på aktuella byggnader och bedöms kunna klara framtida vibrationsvillkor.

4. Luftstöt vågor

4.1. Allmänt om luftstöt vågor

Vid sprängning uppstår ett tryck i luften. Storleken på tryckvågen beror på ett flertal parametrar, se vidare under punkt 4.3.2. Det är inte ovanligt, speciellt vid stora sprängningar i bergtäkter och dagbrott, att närboende upplever en effekt av luftstöt vågen som de sedan kopplar till markvibrationen. Luftstöt vågen kan påverka byggnader på relativt stora avstånd från sprängplatsen och eftersom tryckvågen i luft går långsammare än markvibrationen kan sprängningen uppfattas som om den förorsakat två skakningar i byggnaden.

Problem med luftstöt våg är framförallt relaterat till sprängning ovanjord. Det bör dock påpekas att problem även kan uppstå vid sprängning underjord. Framförallt gäller det då rampen är under uppbyggnad och spridningen av luftstöt ar till omgivningen sker från samma ställe, rampens tunnelmynning. Mycket höga luftstöt vågor från sprängning ovan- och underjord har inte sällan sin orsak i att sprängämne detonerat i luften, vilket oftast beror på att intilliggande borrhåls-laddningar "frilagt" sprängämne.

I normala sprängtekniska rutiner ingår moment med syfte att säkerställa att all detonation sker inneslutet i berg/malm vilket även minimerar risken för höga luftstöt vågor. En hög luftstöt våg innebär vanligtvis att energi vars syfte är att bryta loss berg/malm istället gått ut till luften vilket ingen har något intresse av. Erfarenheten från långa mätserier visar att luftstöt vågen ändå vid vissa tillfällen kan ha en förhöjd nivå. Sannolikt beror detta på svårbestämda geologiska förhållanden som sprick-system och annat i berget men även att spridningen av luftstöt ar påverkas av svårkontrollerade meteorologiska parametrar (se exempel punkt 4.3.2). Därför är en villkorsformulering där man har ett värde som får överskridas vid ett visst antal sprängningar per år att rekommendera.

Luftstöt vågor anges i vissa sammanhang med begreppet reflektionstryck och i vissa sammanhang som frifältstryck eller frifältsvärde. Frifältstryck innebär att trycket kan mätas vid fri vågutbredning utan störningar från närliggande ytor som påverkar mätvärden. Reflektionstryck är det tryck som uppstår då en våg träffar en yta vinkelrätt

mot utbredningsriktningen. De båda begreppen förhåller sig till varandra så att reflektionstrycket är ungefär det dubbla frifältstrycket.

4.2. Tillåtna luftstöt vågor

Vilka tillåtna luftstötsvågsnivåer som kommer att gälla vid närliggande bebyggelse styrs dels av det villkor avseende luftstöt vågor som kommer att omgärda verksamheten samt dels av att inga byggnader skall skadas.

4.2.1. Riktvärden teknisk risk enligt SS 02 52 10

I Svensk Standard SS 02 52 10 "Vibration och stöt–Sprängningsinducerade luftstöt vågor–Riktvärden för byggnader" anges 500 Pa som riktvärde för maximalt reflektionstryck för att undvika skador på byggnader. I SS 02 52 10 lämnas även utrymme för reduktion av detta värde för fasta anläggningar som bergtäkter och gruvor, vilket ger att 400 Pa är ett relevant riktvärde som bör gälla för planerad verksamhet.

4.3. Beräknade luftstöt vågor

4.3.1. Underlag

Beräknade nivåer bygger på empiriskt framtagna ljudtrycksnivåer från ett stort antal kontinuerliga mångåriga mätserier. Nivåerna är laddningsberoende, samverkande laddning, men kan vid konstant pallhöjd sägas vara beroende av borrhålens laddningskoncentration, dvs. borrhålsdiameter. Vid beräkningar av luftstöt vågens impulstäthet har även sprängsalvans totalladdning och tändplanens utsträckning i tiden betydelse. Beräknade nivåer är att betrakta som normala variationer vid uppmätning av reflektionstrycket, ungefär dubbla frifältstrycket. Beräkningarna har utförts med samma håldiameter och avstånd som för vibrationer samt med de sprängtekniska förutsättningar som tidigare nämnts, se tabell 1. Vidare förutsätts att allt sprängämne detonerar inneslutet i borrhålen och att ingen detonation sker fritt i luft.

4.3.2. Beräkningsresultat luftstöt vågor

Luftstöt vågens utbredning och intensitet kan, från ett sprängningstillfälle till ett annat, visa relativt stora variationer vid samma mätplats beroende av många olika faktorer. Störst inverkan har följande parametrar:

- avstånd
- samverkande laddningsmängd
- sprängämnets inneslutningsfaktor
- topografiska förhållanden
- vindriktning och vindstyrka
- luftlagrens skiktning (temperaturinversion och molnbas)
- markytans reflektions- och absorptionsförmåga
- salvans utslagsriktning

Beräkning av luftstöt, reflektionstryck, har utförts med följande resultat:

Tabell 3: Beräknade maximala luftstöt vågor (reflektionstryck, Pa) vid högsta pallhöjd 10 m

Avstånd (m)	2,5" (64mm) (Pa)
1000	5-70
1250	5-55
1500	5-45
2000	4-35

Omräknat till frifältstryck ger följande resultat:

Tabell 4: Beräknade maximala luftstöt vågor (frifältstryck, Pa) vid högsta pallhöjd 10 m

Avstånd (m)	2,5" (64mm) (Pa)
1000	3-35
1250	3-30
1500	2-25
2000	2-20

Vid de flesta av skjutningarna kommer luftstöt vågen att ligga i den lägre delen av spannet medan det vid något enstaka tillfälle kan komma upp till de högre nivåerna, detta till stor del beroende på meteorologiska parametrar men även till viss del sprängtekniska. Notera att ovanstående beräkningar utgår ifrån att samtliga laddningar detonerar inneslutna i förladdade borrhål vilket är av stor vikt för att innehålla beräknade nivåer.

4.4. Bedömning av luftstöt vågor

Beräknade luftstöt vågsnivåer är betydligt lägre än de som utgör risk för teknisk skada på aktuella byggnader och bedöms även kunna klara framtida villkor.

Beräknade luftstöt vågor vid närmsta bebyggelse visar att man, **som högst**, kan förvänta sig nivåer på 70 Pa, reflektionstryck. På längre avstånd från sprängningarna kommer nivåerna att vara lägre.

Beräknade nivåer på luftstöt vågor får anses som låga och accepteras normalt av närboende. Det är en fördel om de närboende är informerade om när sprängningen kommer att utföras, för att minimera den överraskningseffekt som annars kan uppstå.

5. Stenkast

5.1. Allmänt om stenkast

Vid produktionssprängning förekommer alltid stenkast, dock oftast i mindre omfattning och kastlängderna är inte speciellt långa. Detta omnämns i denna rapport som "normal kastlängd" och bygger på ett kontrollerat sprängningsförfarande med normala säkerhetsåtgärder avseende förladdning, tändföljd, bergrensning, borrhålsprecision, laddning av salvans första rad etc. Noggrannheten i utförandet av dessa normala säkerhetsåtgärder är avgörande för hur stor risken är för stenkast samt för hur långa kastlängder som kan förväntas och tillåtas och följaktligen för bedömningen av säkerhetsområdet.

Vid vissa tillfällen kan stenar kastas betydligt längre än vad som inryms i begreppet "normal kastlängd". Det är något som är väldigt ovanligt och beror nästan uteslutande på att något gått fel i salvan. I en studie av Little & Blair¹ anges följande händelseförlopp som de vanligaste orsakerna till långa kastlängder:

- Kratereffekt
- "Face bursting"
- "Rifling"
- Sekundär sprängning

Kratereffekt kan uppstå då förladdningen, alltså den oladdade delen av borrhålet som fyllts med ett välgraderat stenmaterial för att innesluta spränggaserna vid detonation, är otillräcklig. Det kan bero på både att man har för kort förladdning, men även att berget är skadat från tidigare skjutningar och att trycket från detonationen då via spricksystem kan tränga upp till markytan. Stenkast i detta fall kan ha nästan vilken riktning som helst.

Face bursting (kast från pallkant) beror oftast på att man har en för hög laddning i förhållande till den verkliga försättningen i salvans första rad. Det kan exv. bero på hålavvikelse och/eller bergutfall samt skadat berg i salvans framkant från exempelvis tidigare sprängning. Riktningen på stenkast i detta fall är huvudsakligen vinkelrät mot borrhålets riktning och i salvans utslagsriktning.

Rifling (urblåsning) uppstår när man har en ineffektiv eller otillräcklig förladdning. Gasttrycket går då upp i borrhålet och trycker ut förladdningen samt delar av överytan. Riktningen på stenkast i detta fall följer i stort borrhålets riktning.

Sekundär sprängning avser exempelvis skutsprängning och andra oftast mindre skjutningar, vid dessa sprängningar används oftast relativt små laddningar. Dock placeras laddningarna nära fria ytor vilket kan skapa höga utgångshastigheter med

¹ Little T.N. & Blair D.P. 2010: Mechanistic Monte Carlo models for analysis of flyrock risk, 9th Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting (FRAGBLAST'9), Granada, September 2009. Sid 641-647.

långa kastlängder som följd. Stenkast i detta fall kan ha nästan vilken riktning som helst. Vid dessa mindre skjutningar kan det vara lämpligt att placera skut på ett sådant ställe att risken för farliga kast minimeras. Det kan även vara lämpligt att täcka denna typ av sprängning med gummimattor.

En orsak, som inte Little & Blair berör, till långa bakåtkast kan vara så kallad **köbildning**, d.v.s. att salvan går så trögt framåt att det blir stopp och energin går uppåt istället. Köbildning kan uppstå vid exempelvis för stor försättning, fel tändplan eller kvarvarande berg från föregående salva som förhindrar framåtrörelse.

I de fortsatta beräkningarna innefattas ovanstående kastrisker i begreppet "teoretiskt kastavstånd".

5.2. Beräknade kastavstånd

De teoretiska kastlängder som listas här härrör från försök som utförts av SveDeFo².

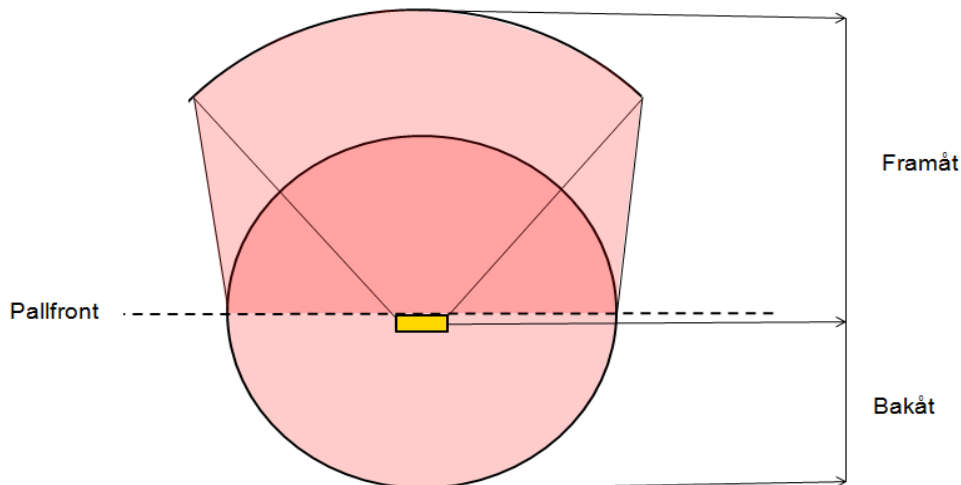
Jämfört med den teoretiska kastlängden som bygger på ett extremfall så kan man vid kontrollerad sprängning, där hänsyn tas till laddning av salvans första rad, förladdningens längd, ev. hålavvikelser och återlastning av bergmassor som skydd mot kast, räkna med att kastlängderna ligger inom 1/5 till 1/3 av beräknad teoretisk kastlängd i en ca 120° sektor i salvans utslagsriktning samt endast 1/10 till 1/5 av teoretisk kastlängd bakom salvan.

Beräkningar har utförts för samma borrhålsdiameter som tidigare avseende vibrationer och luftstötar.

Tabell 5: Beräknade kastlängder vid nyttjande av 64 mm hål

Håldiameter		Teoretisk kastlängd	Normal Kastlängd Framåt	Normal Kastlängd Bakåt
(tum)	(mm)	(m)	(m)	(m)
2,5	64	480	95-160	50-95

² Lundborg N., 1981: The probability of flyrock, Report DS 1981:5. SveDeFo



Figur 2, Principskiss för olika kastlängder beroende av utslagsriktning

Är den oladdade delen, förladdningen, liten i relation till vad som är normalt d.v.s. förladdning $\approx$ försättning kommer risken för kast bakom utslagsriktningen att öka. I dessa fall kan inte "Normal kastlängd bakåt" i tabellen ovan användas utan kolumnen "Normal kastlängd framåt" skall då användas oberoende av utslagsriktning. Värdena i kolumnerna "Normalt kastlängd" gäller enbart om tidigare nämnda förutsättningar avseende förladdning samt normala säkerhetsåtgärder avseende tändföljd, bergrensning, borrhålsprecision etc. uppfylls.

5.3. Åtgärder för minskad kastrisk

Utöver bra sprängtekniska rutiner med väl rensat berg, anpassad laddning efter faktisk försättning, korrekt förladdning i såväl längd som kvalitet etc. så finns det generellt tre metoder att sprängtekniskt minska kastrisken. Det första är att minska laddningskoncentrationen successivt när avståndet blir mindre för att på så sätt reducera den längd som sprängningen riskerar att kasta sten. Den andra metoden är att ändra riktningen på sprängningen och på så sätt rikta eventuella stenkast åt ett specifikt håll. Den tredje metoden är att täcka eller avskärma sprängningen för att på så sätt förhindra stenkastning.

5.3.1. Minska laddningen

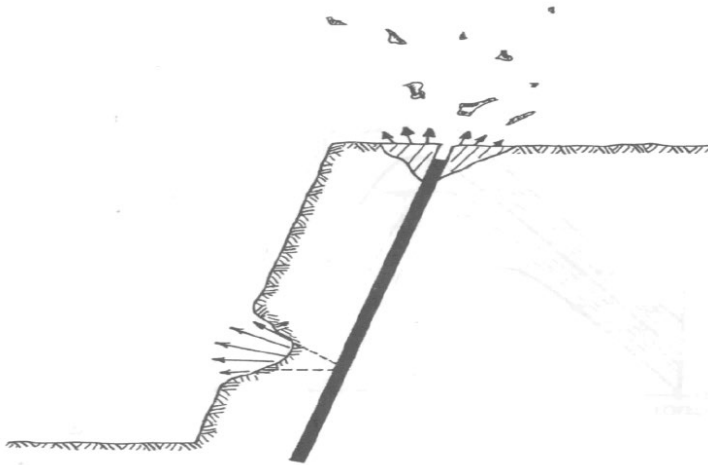
Genom att minska laddningskoncentrationen successivt när avståndet blir mindre för att på så sätt reducera den längd som sprängningen riskerar att kasta sten kan man korta kastlängderna.

Det sätt som sprängning idag normalt sker på innebär att man använder bulksprängämne som i princip ger samma laddningskoncentration längs hela borrhålet, traditionellt har man dock alltid laddat med lägre laddningskoncentration i pipan än i botten eftersom bottenladdningen måste vara högre då det är tyngre att få ut salvan där.

För aktuellt fall där inga effektiva och bra alternativ finns till bulkladdning blir den enklaste lösningen för att minska laddningskoncentrationen att minska håldiametern.

5.3.2. Riktningen på salvan

I princip kan man rikta sprängningen via tändplanen. Precisionen är dock inte tillräckligt hög för att man skall arbeta med detta ur ett säkerhetsperspektiv, däremot är det viktigt att så mycket av salvan som möjligt kastas framåt och inte uppåt eller bakåt. Det görs primärt genom att undvika kratereffekter och istället låta salvan röra sig framåt, se figur 3. Låter man den oladdade delen i borrhålet vara minst lika stor som försättningen så kommer sprängningen alltid att vara riktad framåt då sprängverkan kommer att vara riktad åt det hållet.



Figur 3³, Kast från sprängning uppträder normalt antingen framåt och då ofta pga. svaghetszoner, detta är normalt de längsta kasten. Kast kan också ske uppåt s.k. kratereffekt vilket normalt endast uppstår om den oladdade delen är så liten att det är en kortare väg för sprängämnet att trycka berg uppåt än framåt.

5.3.3. Täckning

I princip används tre olika sorters täckning:

Gummimattor: Nackdelen är att det är ett förhållandevis dyrt alternativ pga. kort livslängd hos gummimattorna samt relativt stor arbetsinsats och fungerar bara vid relativt klena laddningar, dvs. inte vid normalladdade sprängningar i bergtäkter och dagbrott⁴.

Täckning med sand: Nackdelen med sand, eller annan liknande täckning, är att den inte går att plocka bort efter sprängning vilket innebär att man "späder ut" det utbrutna materialet. Redan på en 10 m pall blir andelen betydande. Det medför även

³ Bild från: Persson P-A., Holmberg R., Lee J., 1993: Rock Blasting and Explosives Engineering. CRC Press.

⁴ Se Olofsson SO, 1999: Modern Bergsprängningsteknik.

säkerhetsmässiga problem då det kan vara svårt att felsöka vid exempelvis tänd-avbrott.

Öka den oladdade delen: Genom att kraftigt öka längden på den oladdade delen kan man i princip undvika kast uppåt. Det är dock ingen garanti att det aldrig kan uppstå kast uppåt eftersom man aldrig kan ha fullständig kontroll på sprickor och andra svagheter i berget. Det skulle kunna kompenseras genom att ytterligare öka den oladdade delen men detta är knappast möjligt utifrån ett loss hållnings- och fragmenteringsperspektiv.

I en dagbrottsverksamhet eller vid höga pallar är täckning av salvor inget alternativ då det varken är praktiskt eller ekonomiskt genomförbart.

5.3.4. Övriga åtgärder

Utöver de sprängtekniska åtgärderna kan man välja på att minska effekten av eventuella stenkast, d.v.s. att se till att det finns nog långt säkerhetsavstånd till människor, bebyggelse, etc.

5.3.5. Sammanfattning åtgärder stenkast

Loss hållning av berg vid höga pallar begränsar möjligheterna för att vidta effektiva sprängtekniska åtgärder. De mest effektiva åtgärderna som täckning av salvor är inte möjligt att utföra vid sprängningar i när pallarna är höga. Kvar är egentligen bara att minska håldiametern tillräckligt mycket samtidigt som man anpassar skjutriktning och uppfyller normala krav på förladdning, anpassning till ev. hålavvikelse etc.

5.4. Säkerhetsavstånd

Vilket säkerhetsavstånd man ska använda sig av styrs till stora delar av vilken håldiameter man väljer att använda.

Vid normal drift där man har bra sprängtekniska rutiner så är det ovanligt att sten kommer längre än det som inryms i begreppet "normal kastlängd", men eftersom effekterna av stenkast kan bli mycket allvarliga föreslås att man ska ha stora säkerhetsmarginaler. Rekommendationen är att man som säkerhetsavstånd för objekt med högt skyddsvärde nyttjar det största "normala kastavståndet" multiplicerat med två.

Med ovanstående ansats så blir säkerhetsavståndet vid nyttjande av 64 mm håldiameter enligt nedanstående, tabell 6.

Tabell 5: Säkerhetsavstånd för objekt med högt skyddsvärde

Håldiameter		Säkerhetsavstånd
(tum)	(mm)	
2,5	64	320

5.5. Bedömning av stenkast

Den närmast omgivande bebyggelsen är belägen betydligt längre ifrån arbetsområdet för sprängning än det beräknade säkerhetsavståndet, inga speciella sprängtekniska åtgärder behöver därför vidtas för den omgivande bebyggelsen.

Stenkast är en viktig säkerhetsaspekt att beakta och i alla sammanhang ska risken för stenkast minimeras. Det är därför viktigt att följa normala säkerhetsåtgärder som att anpassa utslagsriktningen, uppfylla kraven på förladdning i såväl längd som kvalitet, anpassa laddningen till den faktiska försättningen och ev. hållavvikelser etc.