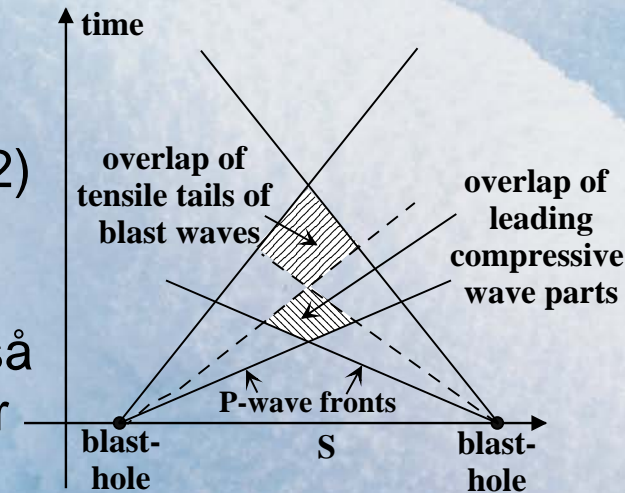


Ökad konkurrenskraft genom utveckling av produktionsteknik

Bättre sprängningsresultat med precis upptändning

Finn Ouchterlony, LKAB prof. of detonics and rock blasting

- Industriellt mål: Att åstadkomma bättre styckefall, framkast och andra resultat i sprängsalvor i bergtäkter och gruvor.
- Vetenskapligt mål: att i fält och med beräkningsmodell påvisa Rossmaniths (2002) hypotes att fragmenteringen blir bäst i de områden mellan spränghålen i salvan där sprängvågorna från olika hål samverkar på så sätt att dragspänningar som följer direkt efter tryckfronten möts.



Bättre sprängresultat med precis upptändning

- Projektets löptid: 2008-10-01 till 2011-09-30
- Deltagare: Swebrec vid LTU, LKAB och Boliden Mineral
- Personal:
 - Prof Finn Ouchterlony, projektledare
 - Håkan Hansson, forskare, lic-studier, f.d FOI
 - Prof Peter Moser, Leoben Österrike, int referensperson
 - Lic Anders Nordqvist & dr Zongxian Zhang, LKAB
 - Lic Peter Bergman, Boliden Mineral AB
- Verktyg:
 - Beräkningsprogrammet Blo-Up från HSBM-projektet (Hybrid Stress Blasting Model)
 - Sprängkapslar med elektronisk fördröjning (EDD), tändintervall ner till 1 ms mot tidigare som bäst 17 ms
- Samarbete: MinBas II (Swebrec) HLRC (Daniel Johansson, LTU)

Bättre sprängresultat med precis upptändning

- Omfattning: 8,3 Mkr varav Vinnova 4,15 LKAB 1,5, Boliden 0,75, Swebrec 0,55 Mkr plus egeninsatser 1,35 Mkr.
- Arbetsmoment:
 1. "Kalibrering" av simuleringsverktyget Blo-Up, pågår nu
 2. Sprängämnesdata
 3. Kontrollpunkt **senast i september**
 4. Skjutning av salvor med EDD-tändare, liknande MinBaS
 5. Simulering av Aitik-salvor (mer komplicerade pallsalvor)
 6. Lic-examen med rapport
 7. Simulering av LKAB skivrassalvor
 8. Test av Kuz-Ram prognosekv. och Rossmaniths hypoptes
 9. Slutrapportering
- Kalibrering omfattar:

Kontroll av och jämförelse mellan Blo-Up-räkningar och försöksdata från labbskala (små cylindrar med ett hål, salvor med flera hålrader) och fullskala.

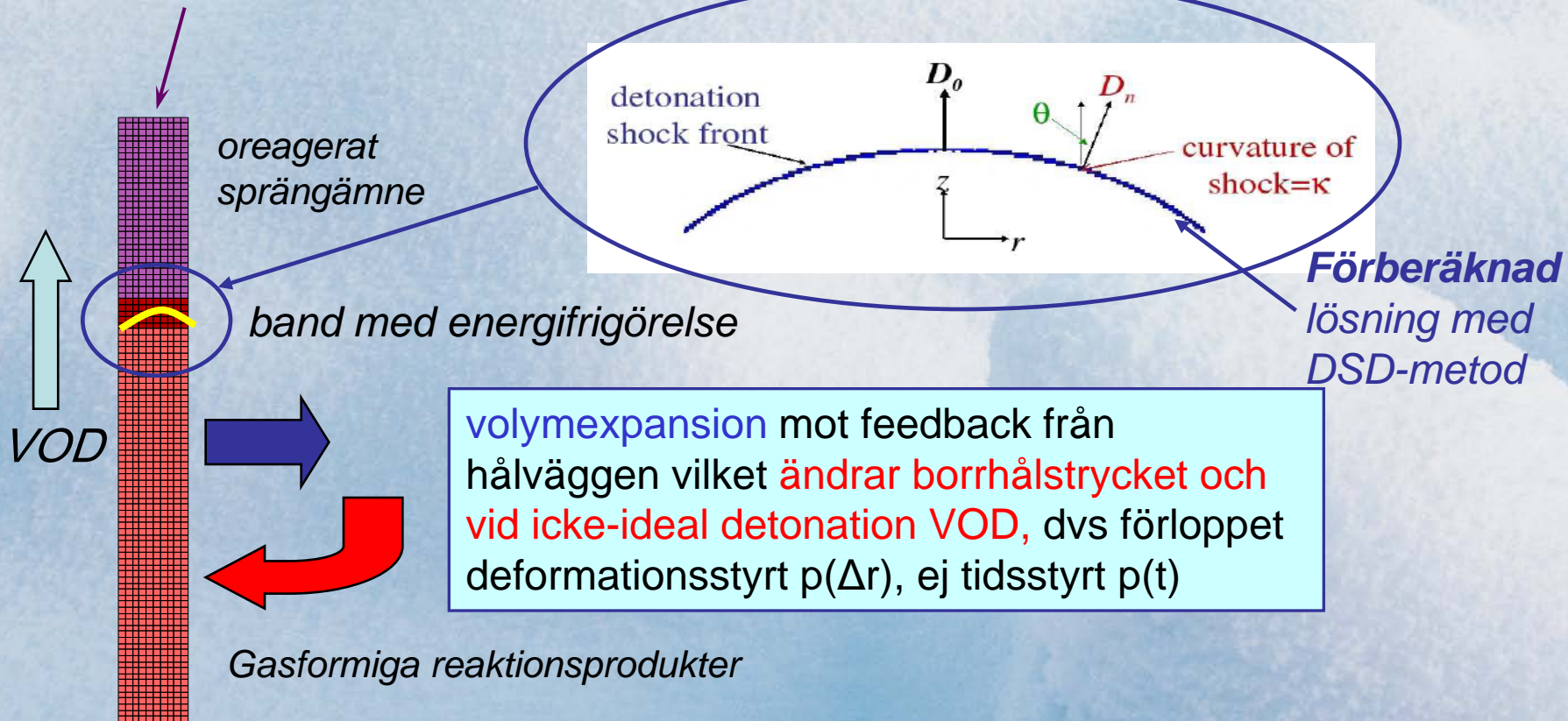
Om Blo-Up - Koppling sprängämne - berg



Daniel Johanssons lic-resultat används för att validera/kalibrera Blo-Up som är unik, nyutvecklad och PC-baserad



FLAC-nät modellerar borrhål + detonation

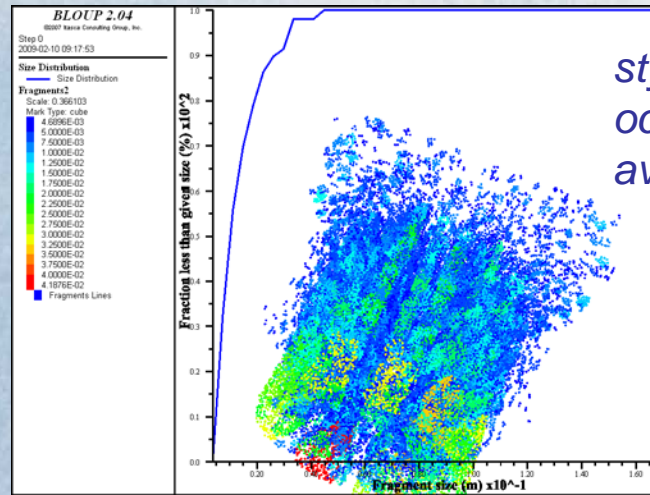
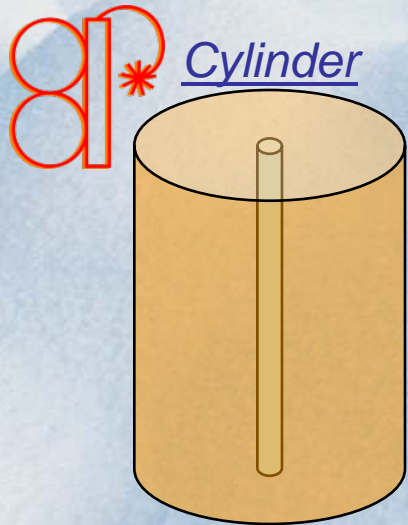


Enklast beskriva ideal detonation med s.k. programmerad förbränning



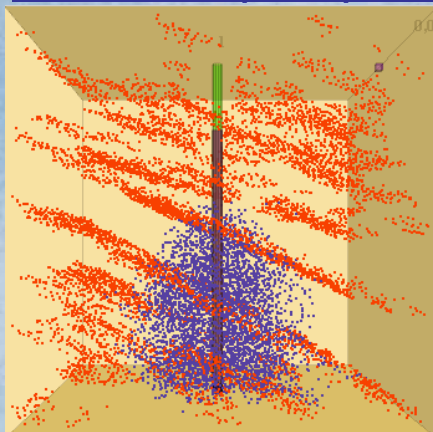
Om Blo-Up – Illustrering av sönderbrytning

Borrhålsbeskrivningen kopplas till bergmassa med spricksystem

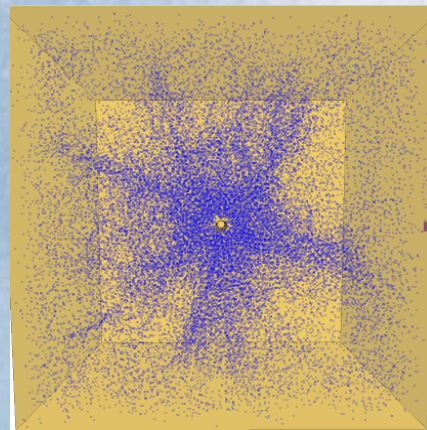


typiskt 1- 5 miljoner element och beräkningstid 1-10 dar på snabbaste PC

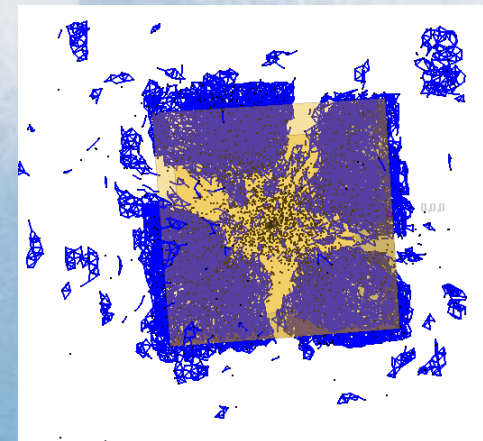
Kub med sprickplan



mikrosprickor vid 1 ms



mikrosprickor vid 5 ms



fragment vid 500 ms

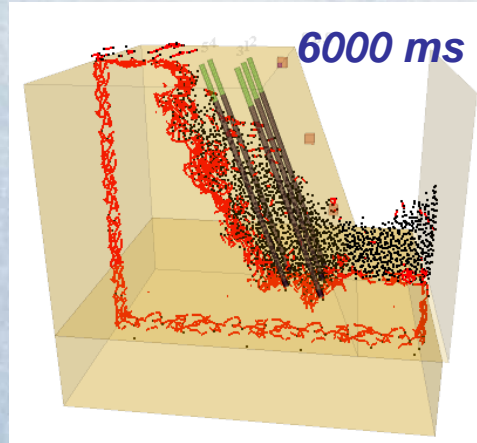
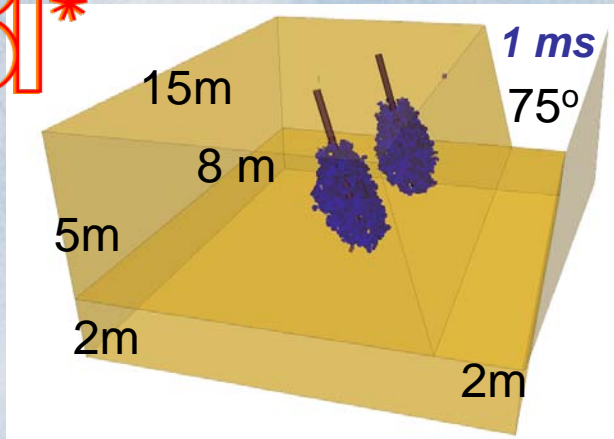


Om Blo-Up - Flerhålsalvor

Borrhålsbeskrivningen kopplas till bergmassa med spricksystem

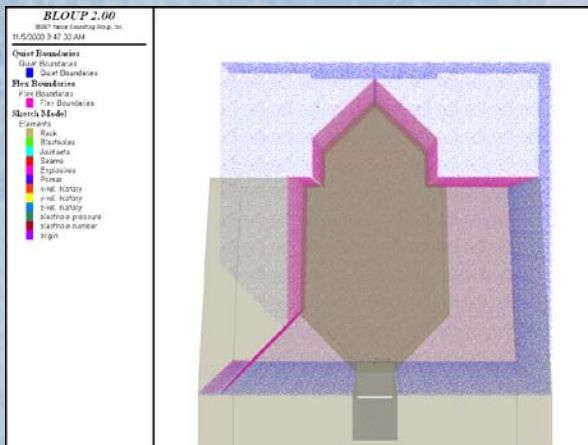


Pallsalva

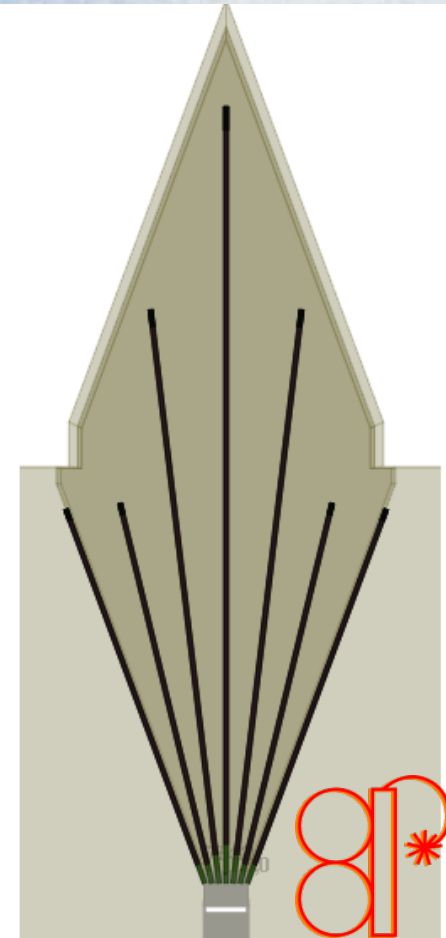


Gasflöde i spricksystem

Skivraskrans

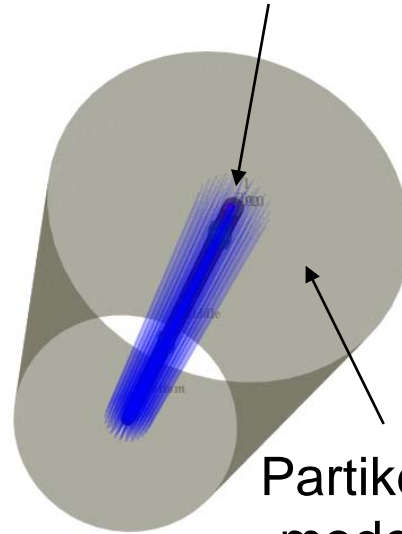


- King burden [m]
- Sublevel Spacing [m]
- Drift Spacing [m]
- Azimuth (Az) [deg]
- Face dip angle (fd) [deg]
- Bouce angle (alpha) [deg]
- Bounce Plane Dist. (d) [m]
- Extra depth (kH) [m]
- Dump Angle [deg]
- Sidehole Angle [deg]
- Draw Drift Height [m]
- Draw Drift Width [m]





FLAC(kontinuumzon)



Partikelmodell
1,5-8 mm

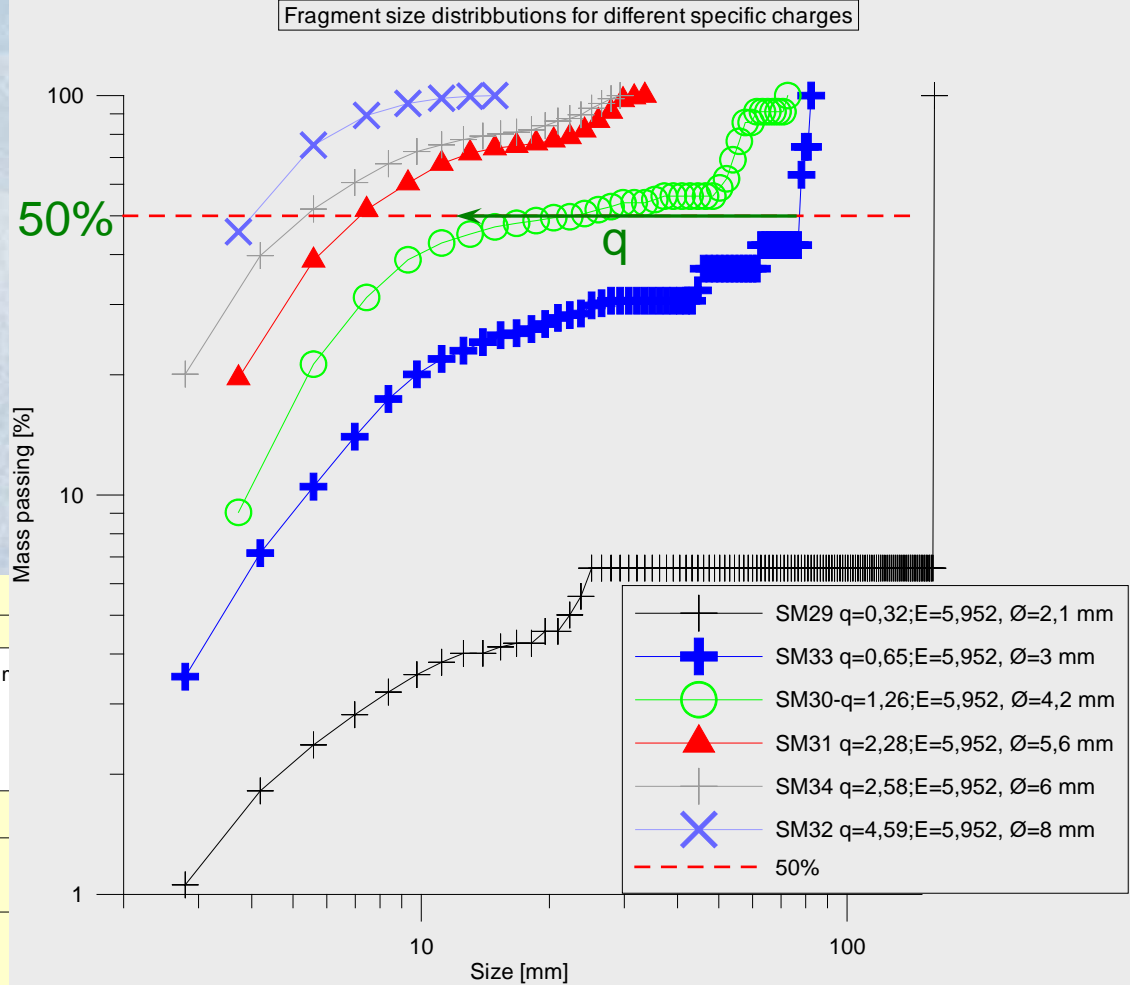
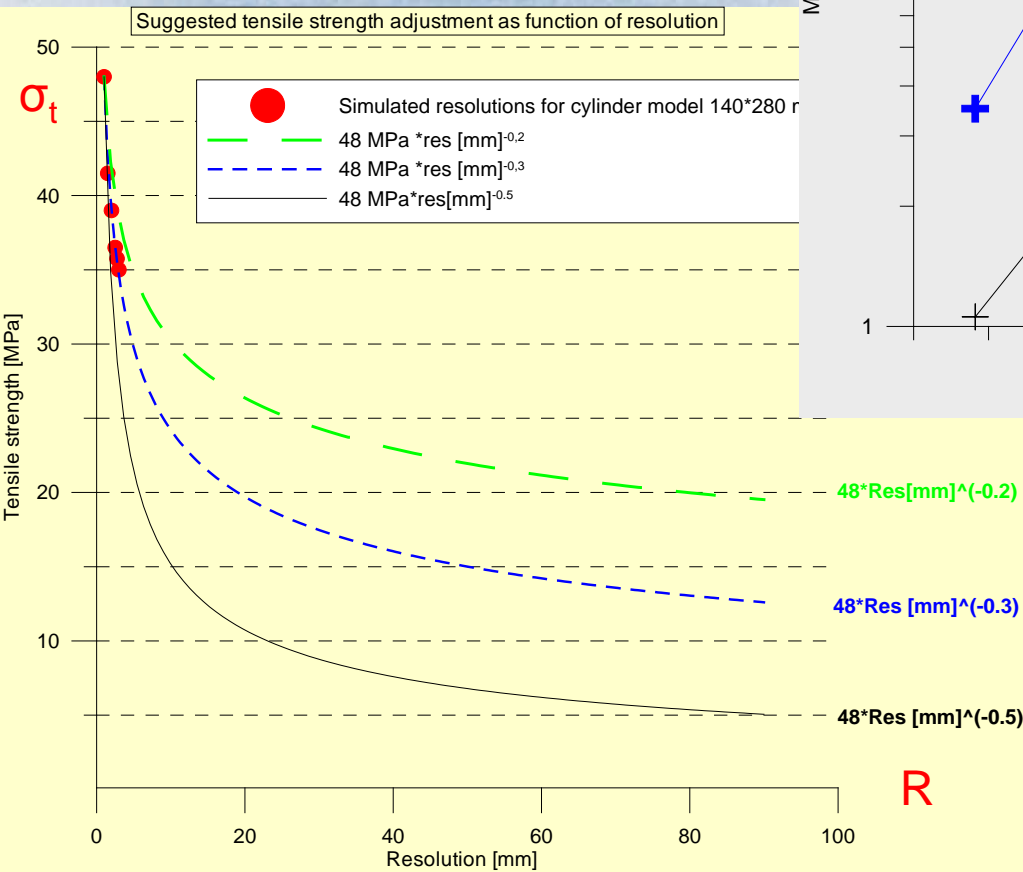
Frågor:

1. Hur noga kan styckefallet beräknas?
2. Hur påverkat upplösningen, dvs partikelstorleken utfallet?
3. Hur påverkar modellstorleken resultatet?
4. Hur ser det beräknade styckefallets beroendet av specifik laddning ut?

Material	Magnetisk finbetong
Storlek	Ø140*280 mm
VOD	3333 m/s (medel)
Explosionsenergi	2,37 MJ/kg
Densitet	800 kg/m ³
Detonationsmodell	Ideal, fullt kopplad

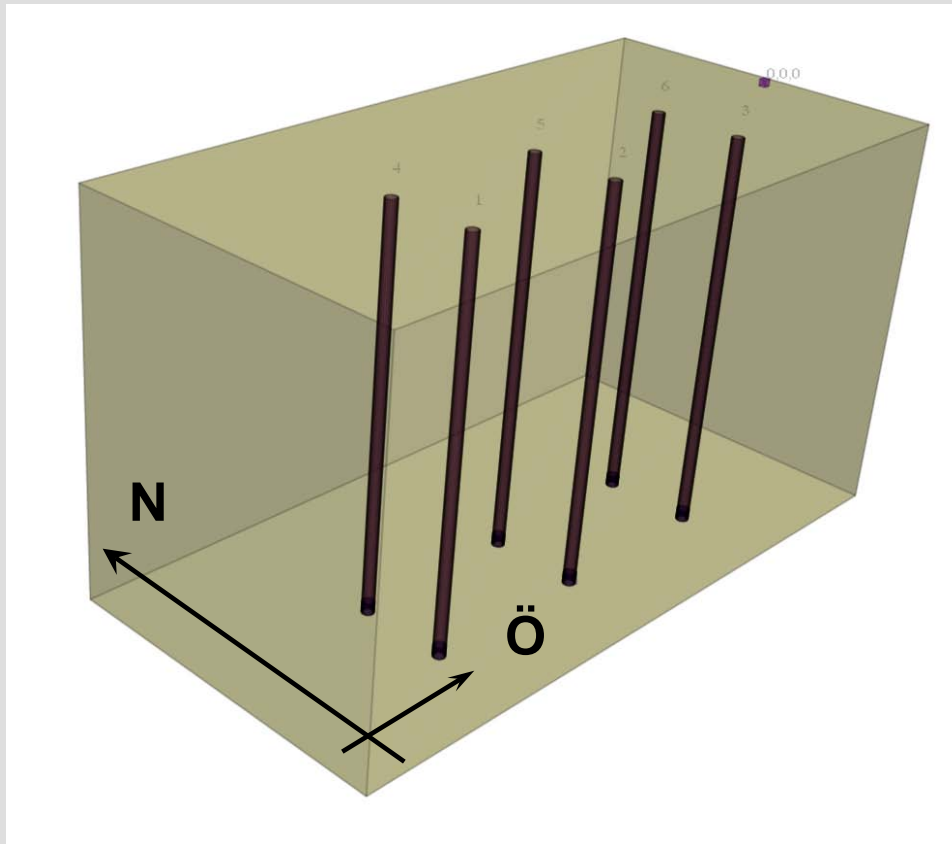
Simulering av enhåls labbförsök - 2

Medelstyckefallet x_{50} beror av partikelstorleken R - kan kompenseras med draghållfastheten σ_t



Styckefallet avtar med specifik laddning q som $x_{50} \propto 1/q^{1,5}$ inte $1/q^{0,8}$.





”Non-reflecting”

gränssytor

- Östvägg
- Norrvägg
- Västvägg

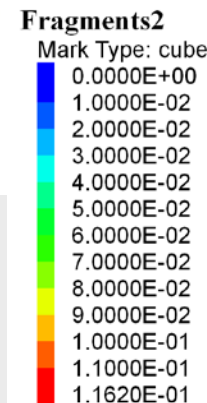
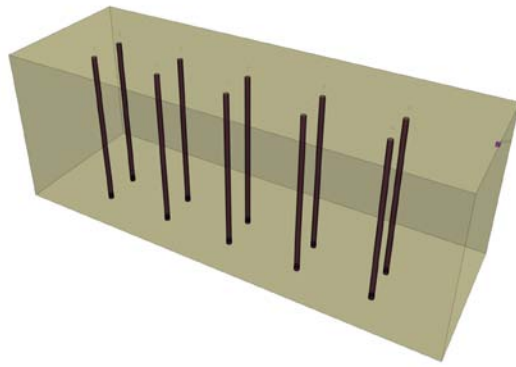
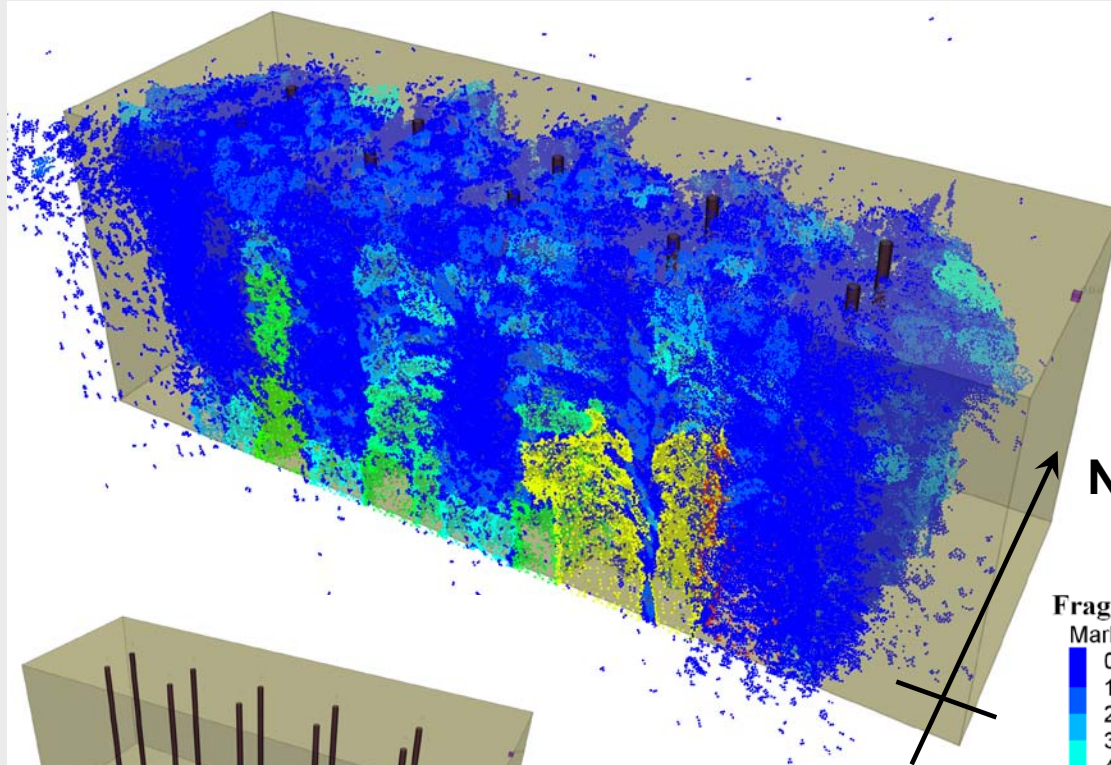
Dimensioner

- Längd: 500 mm
- Bredd: 250 mm
- Höjd: 280 mm
- Hålavstånd: 125 mm
- Försättning: 63 mm

Preliminär Blo-Up modell med 6-10 st 8.0 mm borrhål för parameterstudier av tändfördröjningens inverkan

Simulering av flerhåls labbförsök – 2

Styckefall inom salvan, givet i m



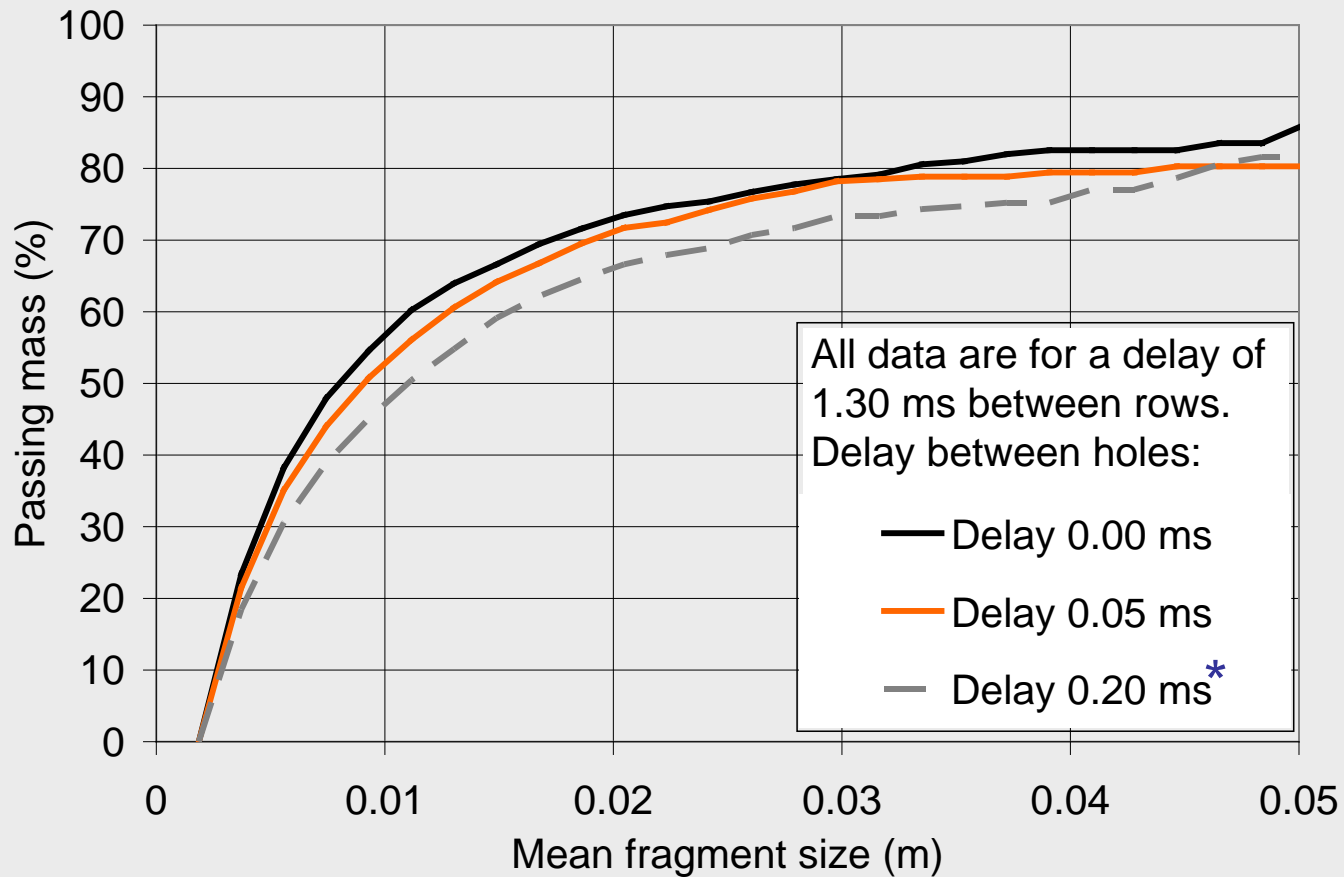
Dimensioner

- Längd: 750 mm
- Bredd: 250 mm
- Höjd: 280 mm
- Hålavstånd: 125 mm
- Försättning: 63 mm

”Non-reflecting”
gränssytor

- Östvägg
- Norrvägg
- Västvägg

Simuleringsresultat för 1,3 ms fördröjning mellan raderna



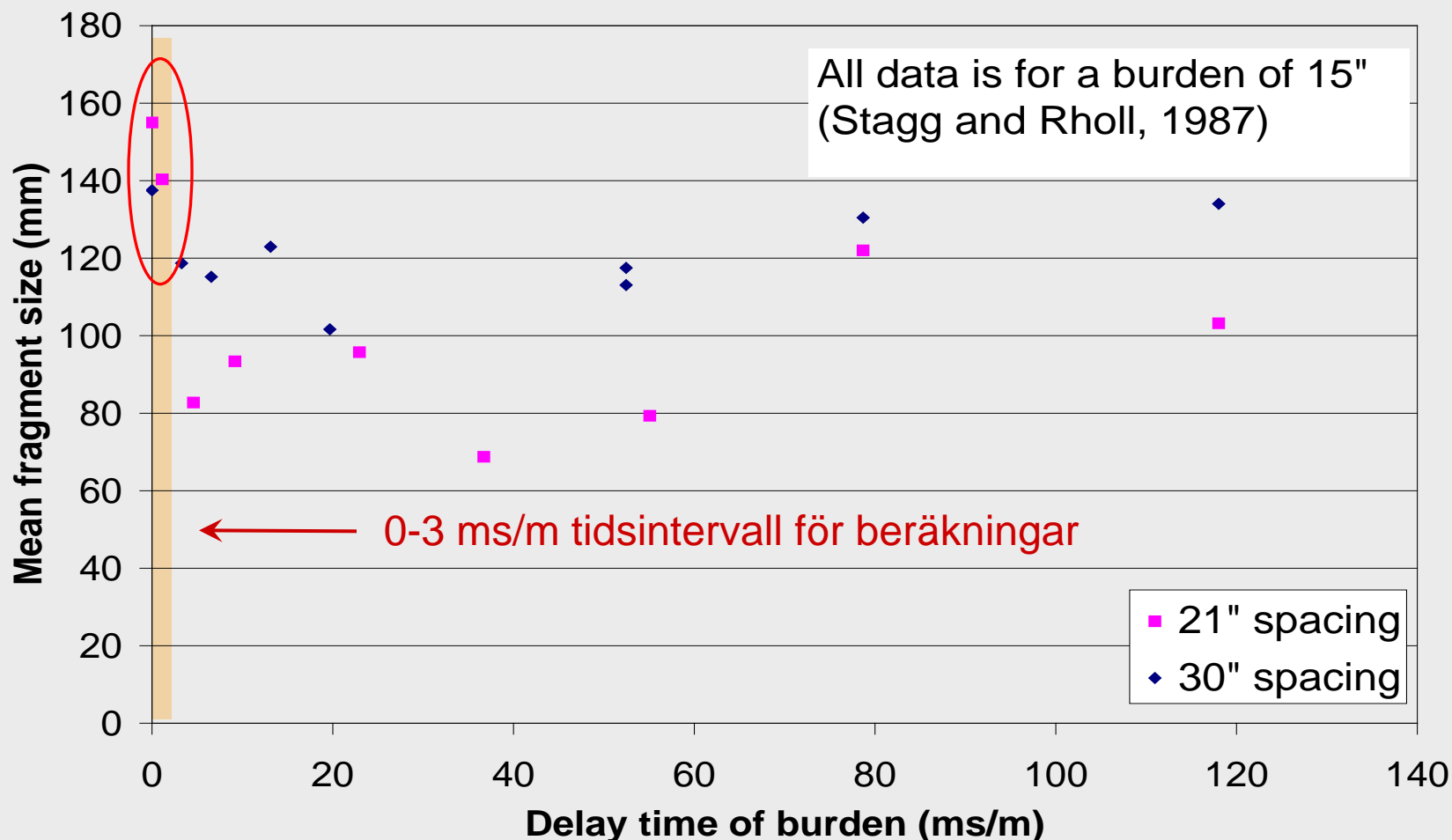
* Notera: Fördröjningen 0,20 ms motsvarar 3,2 ms/m försättning.

Beräkningsmatris: Fördröjning mellan hål (x) och rader (y)

		Delay between holes in a row (ms)						
		0.000	0.023	0.025	0.050	0.075	0.100	0.200*
		X_{50} (mm)	X_{50} (mm)	X_{50} (mm)	X_{50} (mm)	X_{50} (mm)	X_{50} (mm)	X_{50} (mm)
Delay between rows (ms)	0.000	8.2						
	0.025			8.8	9.3		7.8	
	0.050				8.8		8.0	
	0.100				8.3	8.2		8.3
	0.900							11.2
	1.300	8.0	8.6	8.9	9.1			11.0

Styckefallet nästan finast vid momentan initiering!

Försök utförda i halvskala



Styckefallet grövst vid momentan initiering!

Preliminära slutsatser

Blo-Up ger rimliga styckefallsfördelningar och kashastigheter, men

- Kodan Blo-Up inte så färdigutvecklad som förespeglats
- Flera frågetecken kring simuleringsresultat, bl.a.
 1. Upplösningsberoende styckefall ej objektivt
 2. Detonationsfrontens och stötvågens branthet inte väl återgiven vid upplösningen 1-2 mm
 3. Tveksamt om stötvågssamverkan beräknas rätt när simuleringen ger motsatt resultat som försök; finast respektive grövst styckefall vid momentan initiering
 4. Tändtider som valts för att ge maximal samverkan (0,23 till 0,25 ms) ger grövre styckefall än momentan initiering.
- Ny version av Blo-Up utlovad till sep-dec 2009.

Möte 20/5 med projektgruppen för att diskutera om Blo-Up duger för projektets syften inom givna tidsramar och om ev. alternativa strategier