



# ProSa

## Process Safety Consulting AB





**James Hannah**

**Utbildning:** Kemiingenjör och sjöingenjör.

**Specialitet:** Riskanalys (projekt, organisation, teknik) – Kvalitativ och kvantitativ, Process säkerhet, HAZID, HAZOP, QRA, SIL, Konsekvens-modellering brand- gasspridning-explosion, Olycksutredning, Kurser.

**Karriär:** Mångårig konsultkarriär med riskhantering och säkerhet hos DNV, ÅF, Scandpower och Lloyd's Register. 10 års praktisk erfarenhet från arbete som operatör på raffinaderier i Sverige och Norge. 5 års marin erfarenhet som sjöingenjör



**Ivan Mares**

**Utbildning:** Civilingenjör i kemiteknik

**Specialitet:** Riskanalys (projekt, organisation, teknik), Process säkerhet, SIL, Atex, Olycksutredning, Kurser, Miljörisker, Lagstiftning och tillståndsärenden: Seveso III; LBE; LSO. Revision-Process säkerhet/Arbetsmiljö. Ledningssystem

**Karriär:** Mångårig konsultkarriär med riskhantering och säkerhet hos Scandpower och Lloyd's Register. Arbetat i ledningsgruppen på Shell Raffinaderi i Göteborg under många år som Teknisk chef och Miljöchef och chef för avdelning Hälsa och säkerhet.



ProSa

**Dammexplosion  
Rya Hetvattencentral  
Göteborg Energi AB  
2017**

# Inledning

- Den 7 mars 2017 kl 08:27 skedde en dammexplosion på den yttre bränslehanteringen på Rya HVC
- Explosionen orsakade en personskada och stora materiella skador

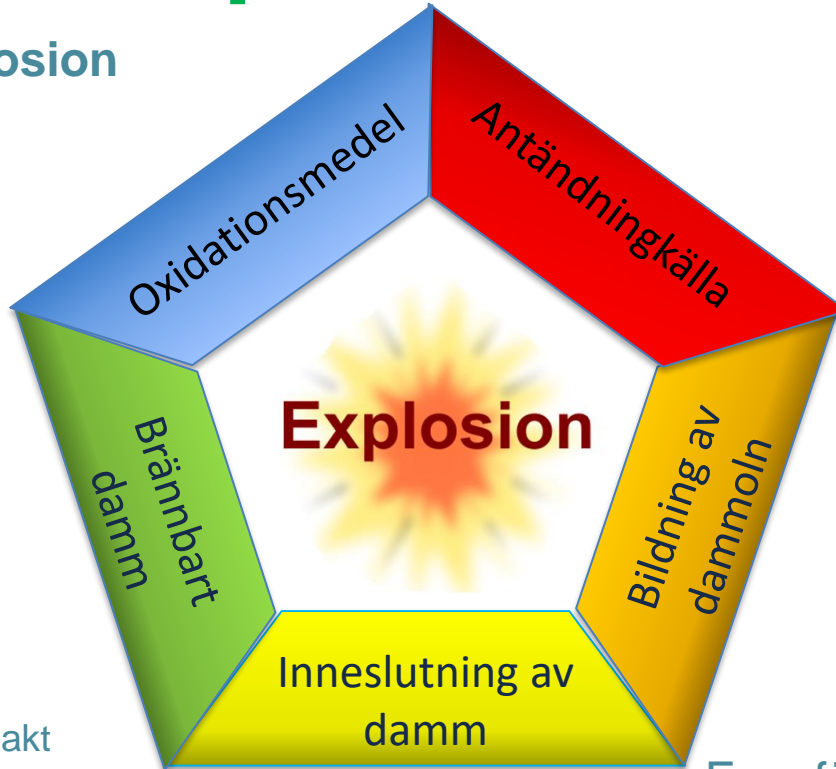
# Film



# Dammexplosioner

## Förutsättning för dammexplosion

- **Brännbart damm**
  - Pelletsdamm
- **Oxidationsmedel**
  - Luftens syre
- **Antändningkälla**
  - Vad?
- **Fördelning av damm i luft**
  - Transport av pellets
- **Inneslutning**
  - Transportskruvar och elevatorschakt



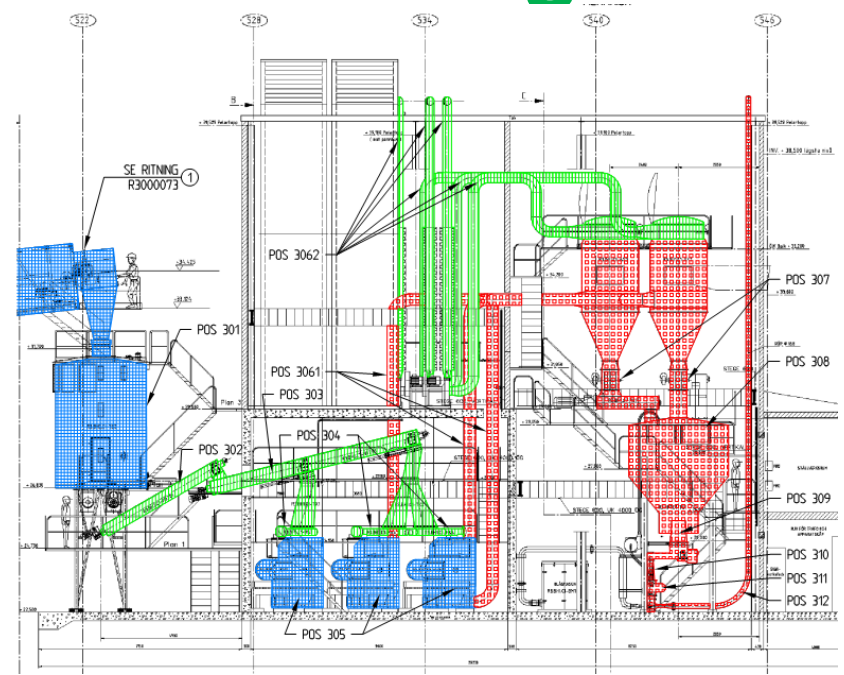
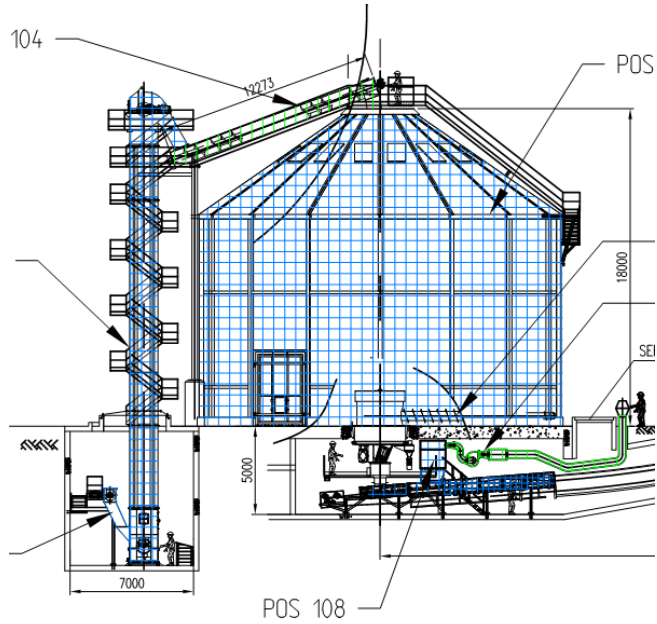
Fem förutsättningar  
för dammexplosion

# ATEX

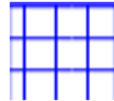
Enligt lagstiftningen om arbete i explosiv miljö AFS 2003:3 skall en anläggning med damm indelas i zoner beroende på hur ofta och varaktigt explosiv blandning kan bildas,

<b>Zon 20</b>	Riskområde i vilket explosiv damm-luft blandning förekommer ständigt eller långvarigt
<b>Zon 21</b>	Riskområde i vilket explosiv damm-luftblandning förväntas förekomma vid normal hantering.
<b>Zon 22</b>	Riskområde i vilket explosiv damm-luftblandning inte förväntas förekomma vid normal hantering och, om den likväl förekommer, i så fall endast sällan och kortvarigt.

# Exempel på EX-Klassning



Zon 20



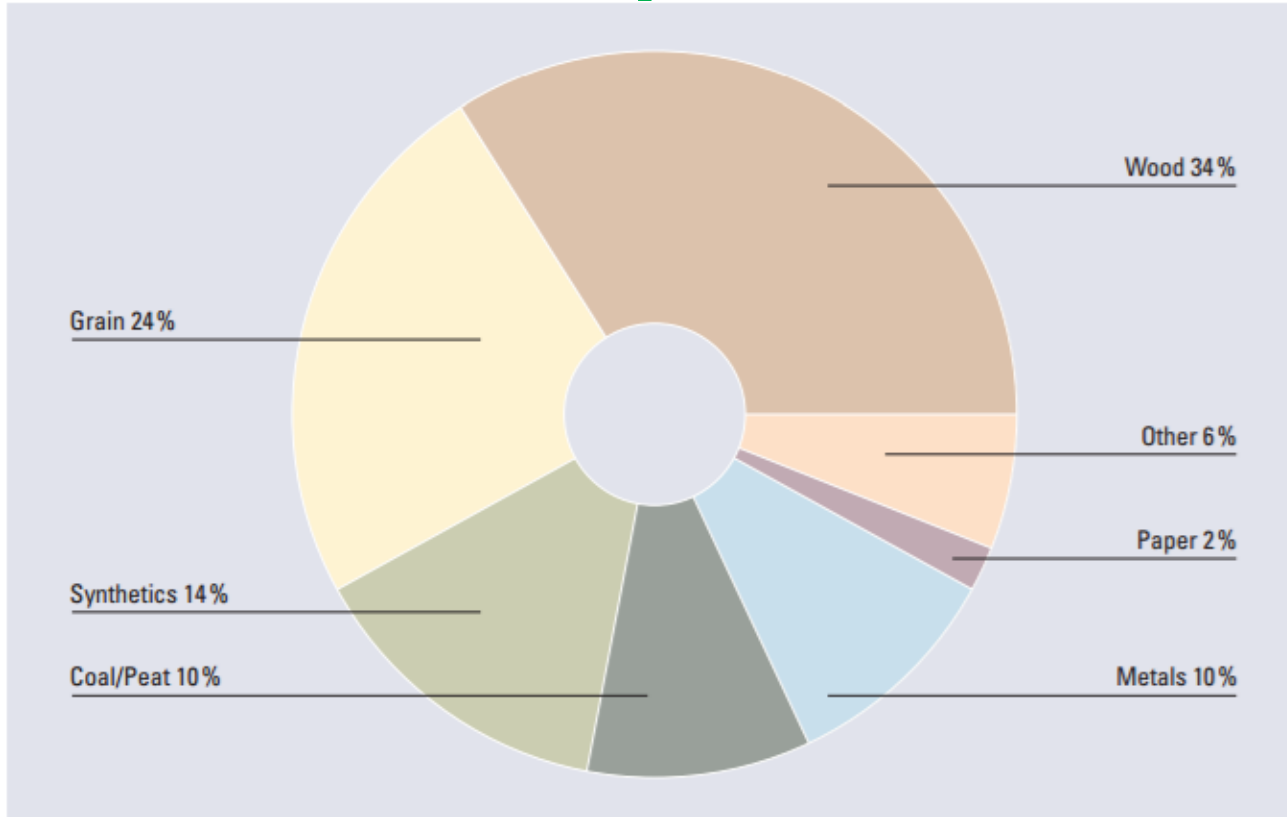
Zon 21



Zon 22



# Fördelning av ämnen i dammexplosioner



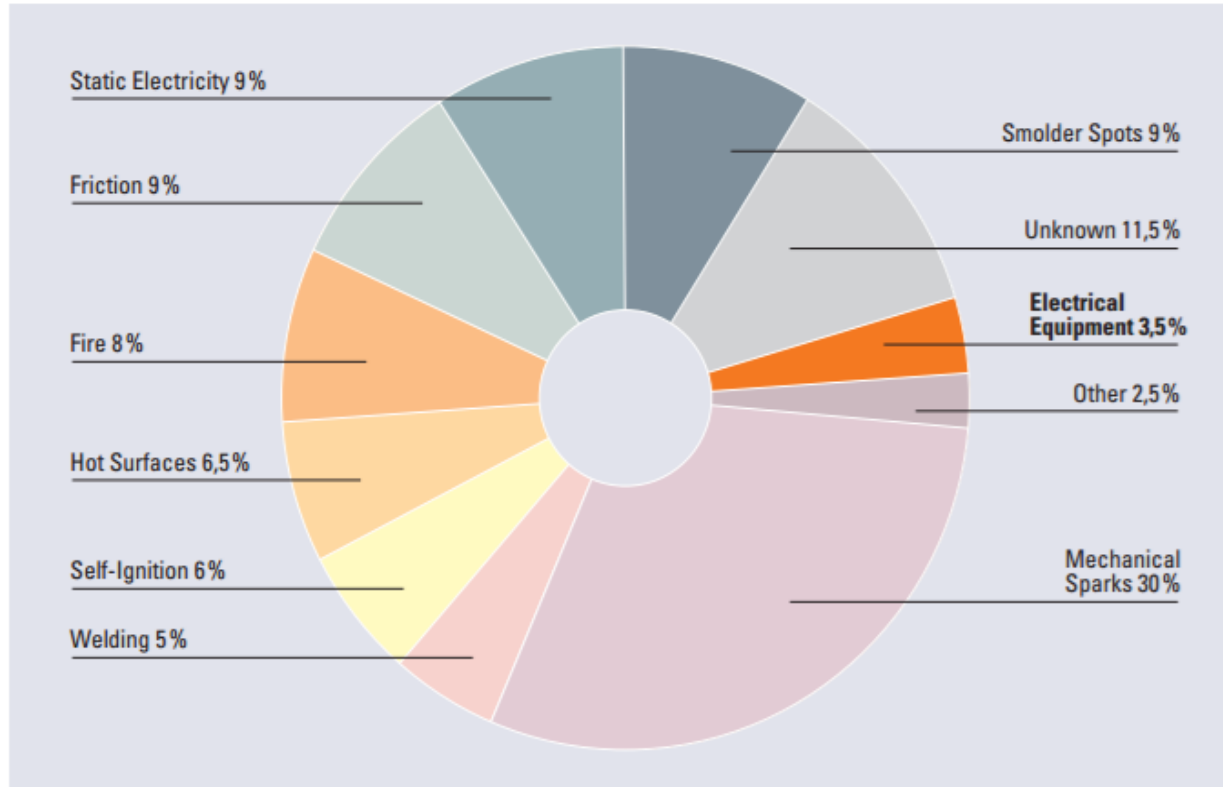
Källa: Stahl Company, Germany. *The basics of Dust Explosion Protection.*

# Möjliga tändkällor

- Heta ytor
- Öppna lågor, heta gaser och partiklar
- Gnistor från mekanisk utrustning och bearbetning
- Elektriska apparater
- Statisk elektricitet
- Glödnäste

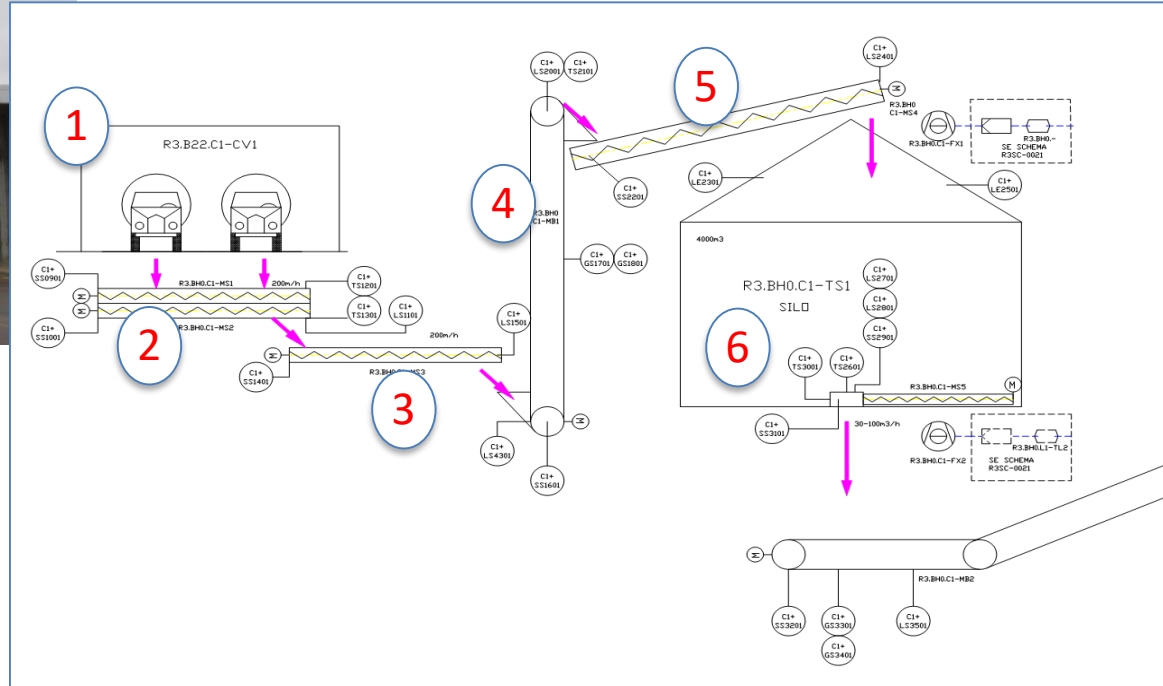


# Fördelning av antändningskällor



Källa: Stahl Company, Germany. The basics of Dust Explosion Protection.

# Anläggningsbeskrivning



- 1) Tippficka
- 2) Utmatningskruvar
- 3) Skruvtransportör
- 4) Bandelevator
- 5) Skruvtransportör
- 6) Mottagningsilo

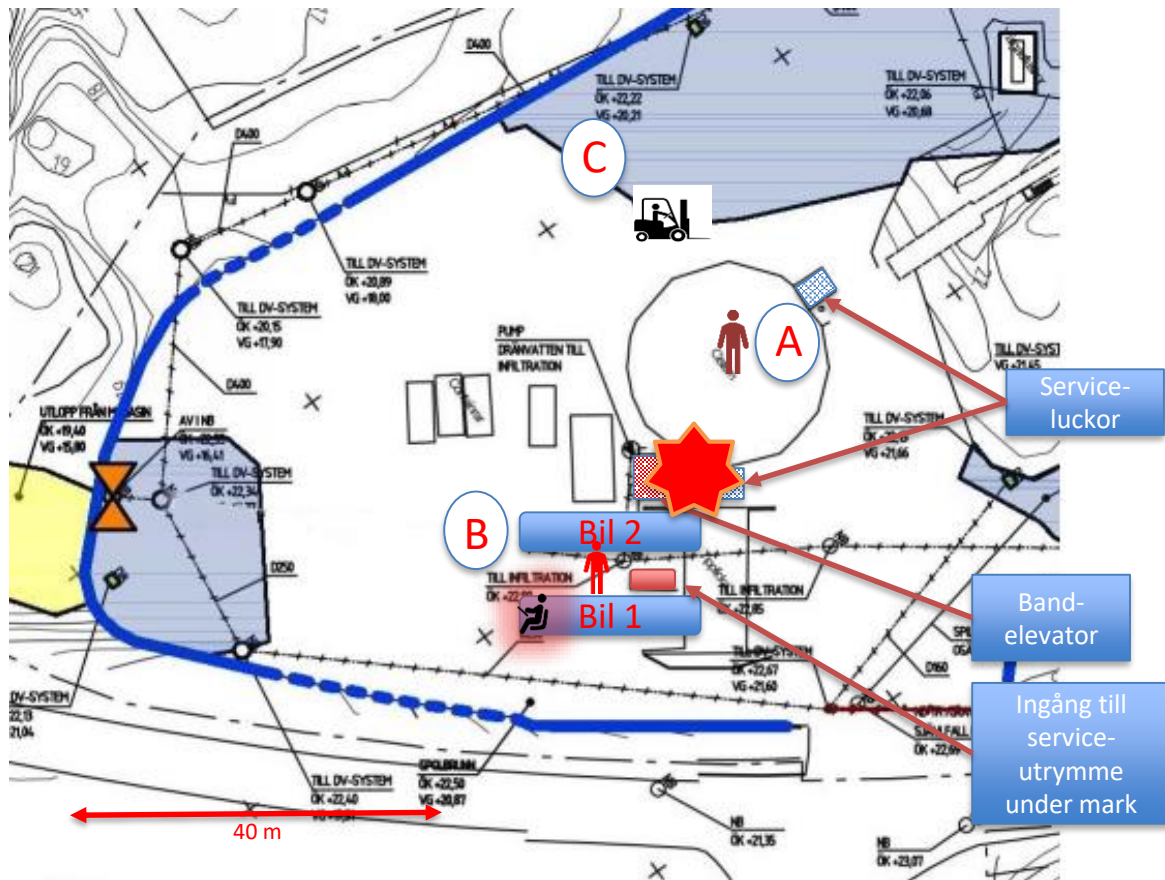
# Händelseförlopp

## Personer i området

- A. Person i utrymme under silo 15 min före explosion
- B. Bil 1 och 2
- C. Trucktransport

## Sekvens

1. Matningssekvens startas
2. Bil 1 avslutar och klargör för att lämna
3. Bil 2 lossar, chaufför står utomhus
4. Explosion och brand
5. Kvävgasspolning påbörjas
6. Räddningstjänst tillkallas, släckning påbörjas
7. Räddningsinsatsen avslutas efter 8 dygn. Förhöjda temperaturer uppmäts av och till i silon under 3 dygn.



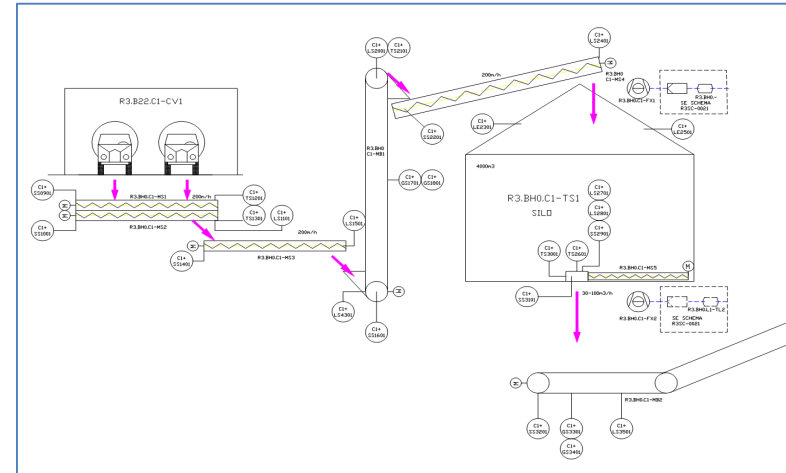
# Konsekvenser

## En personskada

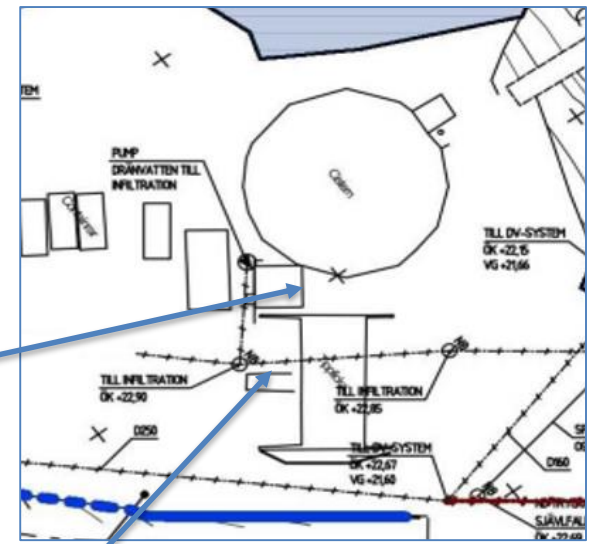
- Hörselskada på chaufför i bil 2
- Inspektionsluckor och täckplåtar över serviceluckor lossnade eller lyfte, möjlighet för dödsfall eller svårt skadade om personer befunnits sig i området

## Materiella skador

- Stor skada på elevators
- Brand i Silo
- Skada på silo och silotak
- Skada på stup för skruvmatare MS1 och MS2
- Skada på hölje för MS3
- Skada på MS4 mellan elevators och mottagnings-silo

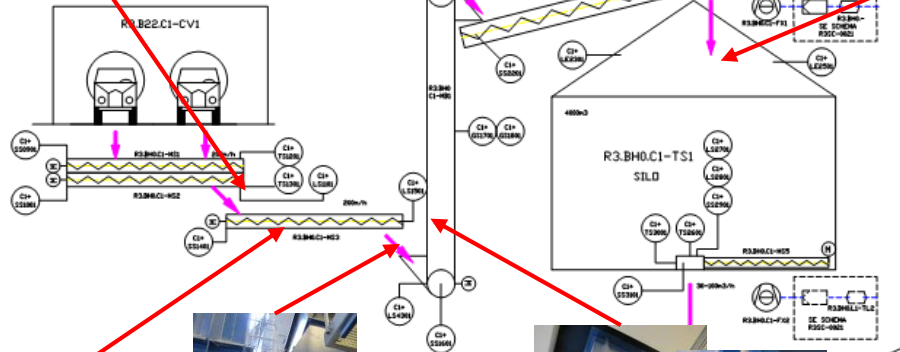
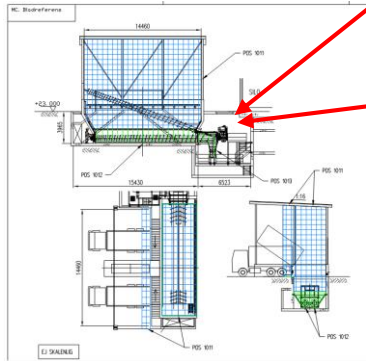


# Explosionseffekter utomhus Bandelevator och tippficka





# Explosionseffekter inne





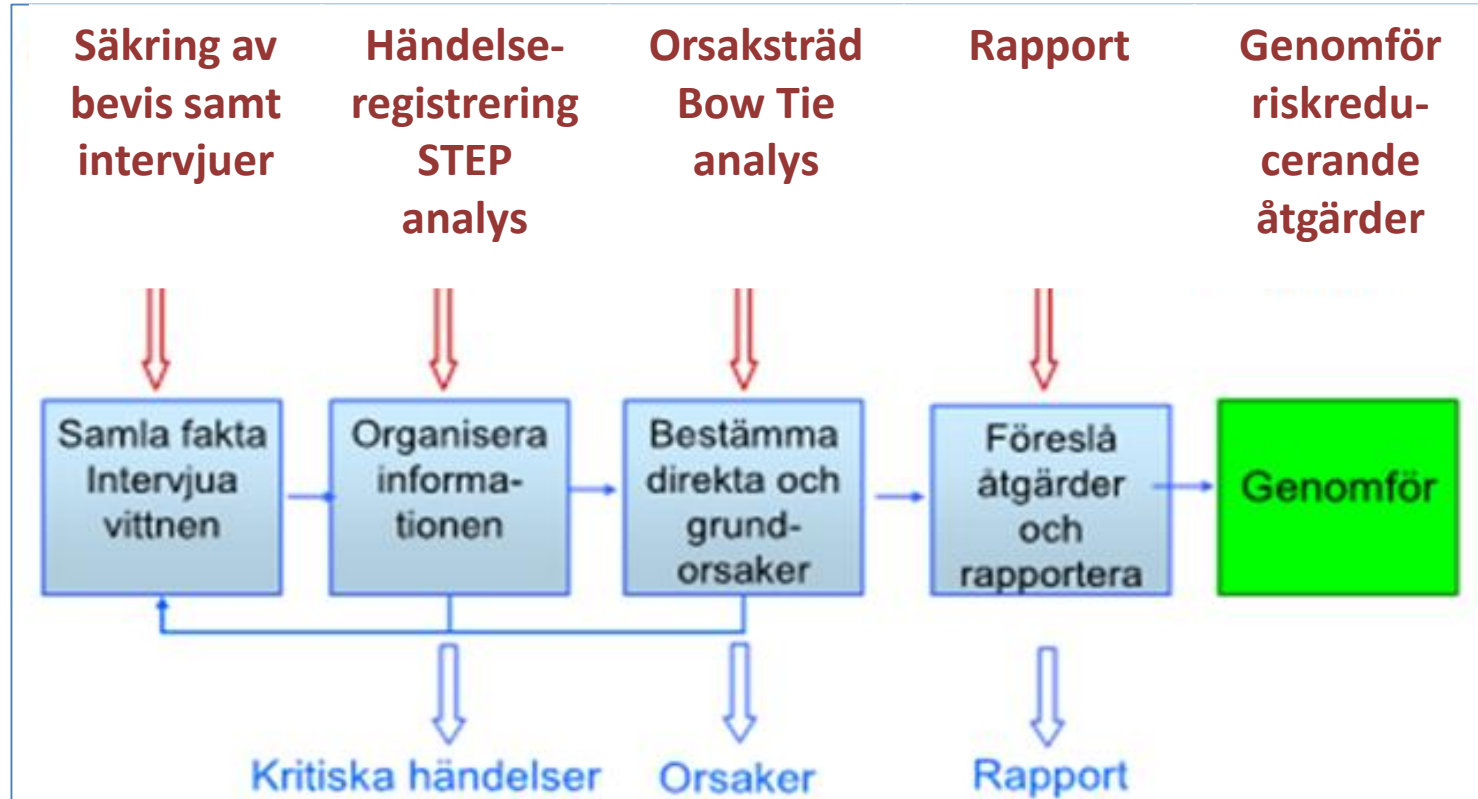
# Utredning

- Snabb avspärrning och säkring av området
- Utredningsgrupp
  - Bildades tidigt
  - Ledd av oberoende resurs
  - GEs egen expertis
  - Anlitade experter
    - Henry Persson, Rise fd SP
    - ATEX-expertis ÅF
    - Lagerexpertis SKF
    - Metallografisk undersökning Kiwa Inspecta
  - Frekventa möten med uppföljning av framdrift
- Dokumentering
  - Fotografering
  - Filmning
  - Sökning efter ledtrådar
  - Vända på alla stenar
- Analyser
  - Bow-tie analys
  - Step analys
- Rapportering
  - Arbetsmiljöverket
  - Internt

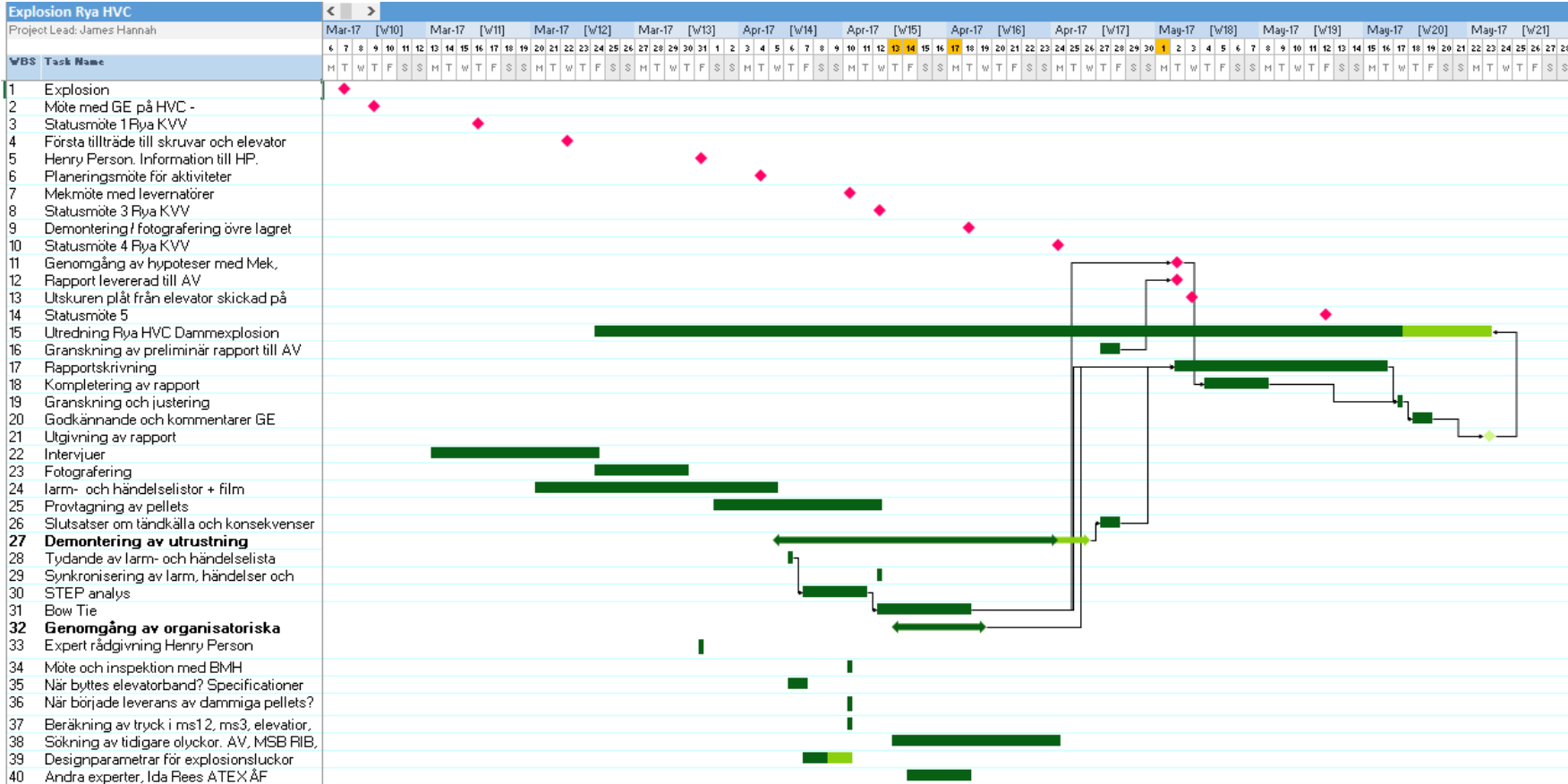


# Utredning

## Analys och rapportering



# Utredning Gant Schema



# Utredning - Stenanalys

Step analys	Teknik		Människa	Organisation
Veckor innan				Cirka 1 vecka innan, byte av pellets från Lev 1 till Lev2. Högre andel finfraktion i pellets från Varberg.
2017-03-07			Ca 08:10 Person i utrymme under silo för att kontrollera drift av utmatningskruv (Intervju)	
			cirka 08:20 Bil 1 kommer till tippficka och börjar lossa pellets till tippficka 1.	

# Utredning -

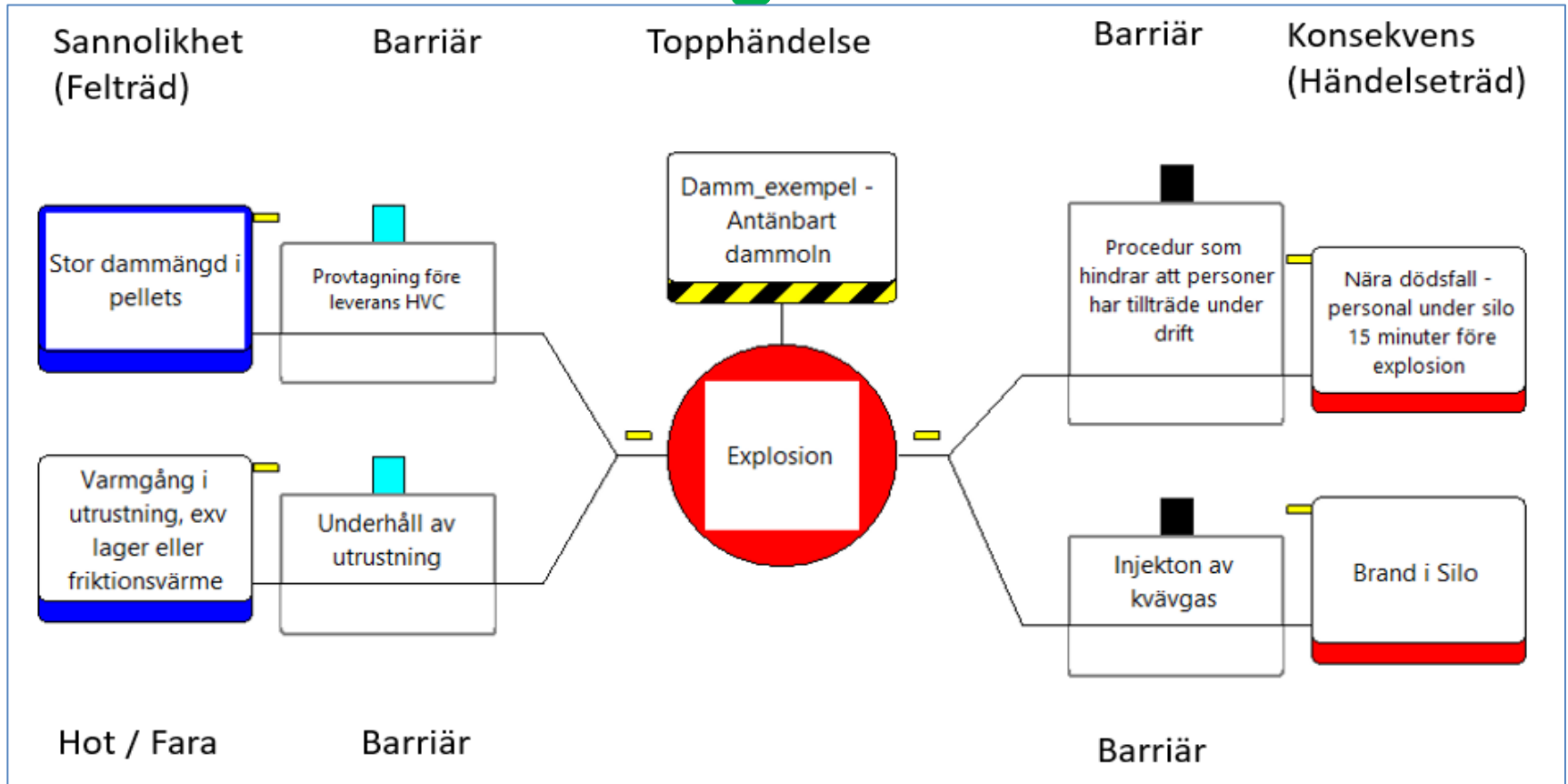
Step analys	Teknik		Människa	Organisation
08:27:15	<p>08:27:14 EXPLOSION Bandelev. Expl. Indikator 4 minuter 25 sekunder efter aktivering av MS2</p> <p>Larmlista Samlingslarm explosionslucko r.</p> <p>08:27:22 Bandelevatorn MB1 stoppar (Larmlista)</p>	<p>08:27:13 elevator. Blockeringsvakt (Larmlista)</p> <p>8:27:13Trp före elevator. Block. vakt (fel) (Larmlista)</p> <p>08:27:13Trp före elevator. Block. vakt (fel) (Larmlista)</p> <p>08:27:14Bandel evator Sidovand. Vakt. (Larmlista)</p> <p>08:27:22 Bandelevatorn MB1 stoppar (Larmlista)</p>	<p>Chaufför 1 färdigställer bil för att köra iväg ca 08:26. Sitter i förarhytt då explosionen sker. Flyr snabbt från platsen med bilen till säker plats</p> <p>Chaufför 2, står i skydd av bilflak när explosionen inträffar, ser inte flammen från explosionen. Utsätts för explosions- övertryck från trapphus. Tar sig till bilen och kör till säker plats.</p>	

# Utredning - Steppanalys

Step analys	Teknik		Människa	Organisation
08:27:30	08:27:29 - <a href="#">08:27:51</a> Fyra brandlarm på skilda positioner i service utrymme vid transport- skruvar och under silo.  Larmlista <a href="#">Bravida</a>	Brandlarm till <a href="#">RTJ</a> .		
08:27:45	08:27:40 Brandfarliga gaser i lagersilo (Larmlista)			
08.28.00			08.28.00 Kvävgasspolning öppnas till silo	
08:30:00			08:30:00 Insatsväg för <a href="#">Rtj</a> gjordes fria. Förberedde för ankomst av <a href="#">Rtj</a>	
08:36:00			08:36:00 <a href="#">Rtj</a> på plats och påbörjar släcknings - och räddningsarbete	
08:45:00			08.45 Ställverket frånskiljs. Endast UPS matning till systemet	
16:00			16.00. Glödbrand upptäcks i silo. Övervakas med IR kamera. Släckningsinsats er för att kontrollerat kyla och släcka glödbranden.	



# Utredning - Bow Tie



# Utredning - Hypoteser

Hypoteser	Orsaker	Aktion / kommentar
1. Varmgång och/eller gnistbildning i havererad utrustning, exv lager eller friktionsvärme	Antändning av 5mm dammlager 320 - 350 °C för trädam	Haveri av lager på övre elevatortrumma. Möjlig varmgång eller gnistbildning.
2. Leverantörsbyte av pellets frånleverantör 1 till leverantör 2.	Mycket mer finfraktion i pellets från lev 2 än från lev 1. Finfraktion på 0,1 % från lev 1, lev 2 6-12 %	Högre dammhalt kan vara orsak till att tillräckligt tätt dammoln bildats för att ge antändning
3. Pelletslast innehåller glödnäste som följer med pellets	Orsak kan vara kemisk aktivitet i gammal pellets	Inga tecken på glödnäste i systemet har hittats
4. Pelletslast innehåller metallskräp eller stenar	Skapar mekanisk gnista	Ingen förorening har hittats i någon del systemet. Enligt uppgift har det tidigare förekommit främmande föremål i leveranser vid andra tillfällen.
5. Statisk elektricitet skapad av elevatorband.	Fel band-specifikation vid byte av band	Kontrollera att elevatorband ersatts med band med rätt specifikation.
6. Okänd tändkälla	Gnistbildning från mekanisk utrustning inuti elevatorn från tex skopor som slår mot metall.	Hack i skopor



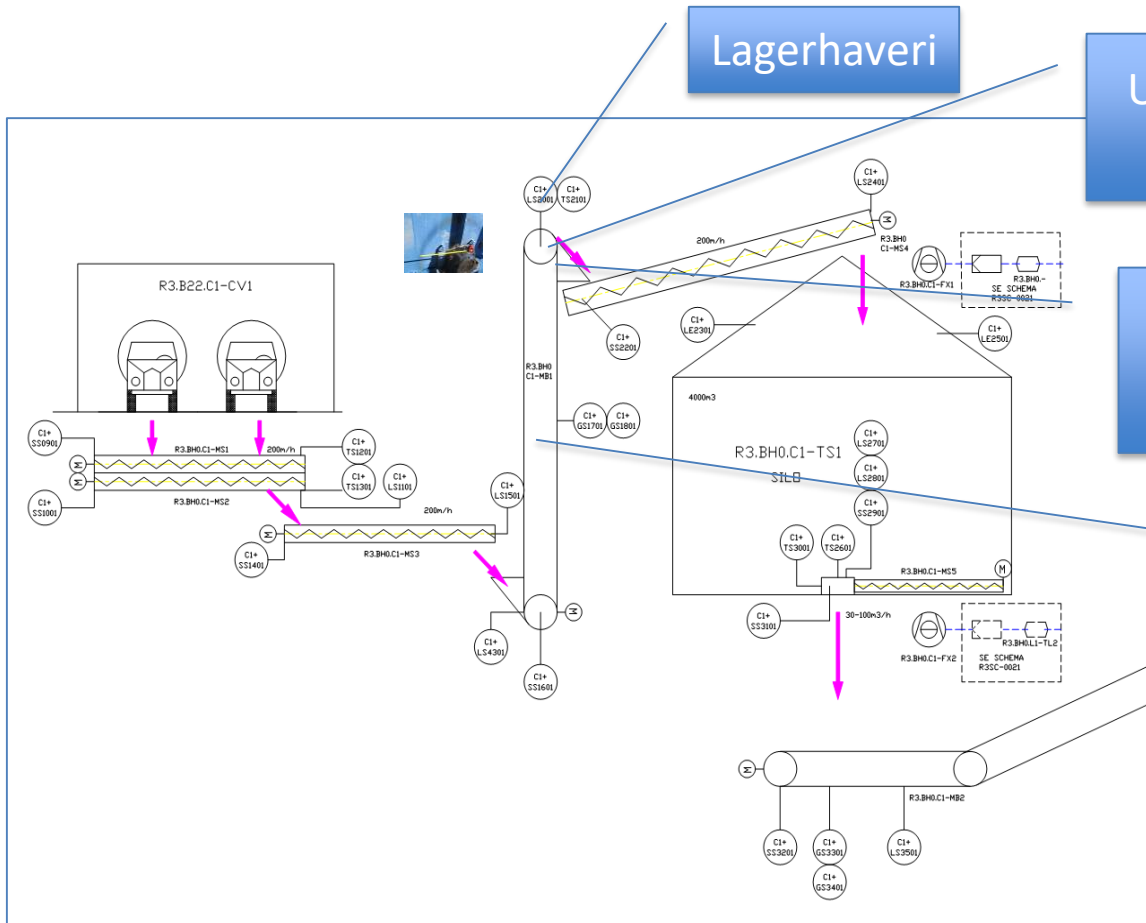
# Huvudtes -Förlopp

Lagerhaveri

Uppvärmning  
till  $> 400\text{ }^{\circ}\text{C}$

270-350  $^{\circ}\text{C}$   
Antändningstemperatur  
för pelletsdamm

Glöd faller ner i  
elevator och  
antänder dammoln



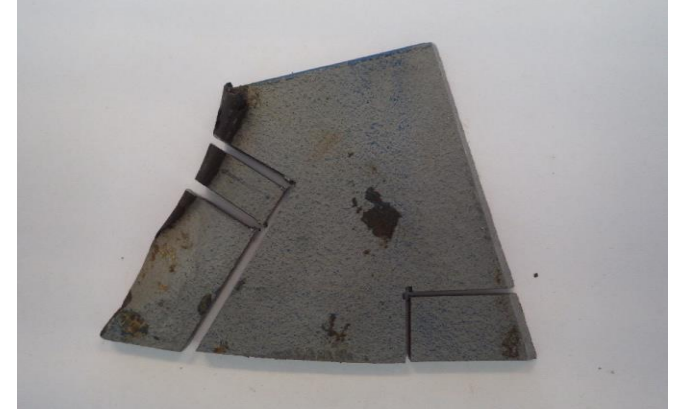
# Utredning -Verifiering



Lagerhaveri



Friktionsvärme



Metallografisk  
undersökning

# Genomgång av förloppet på film

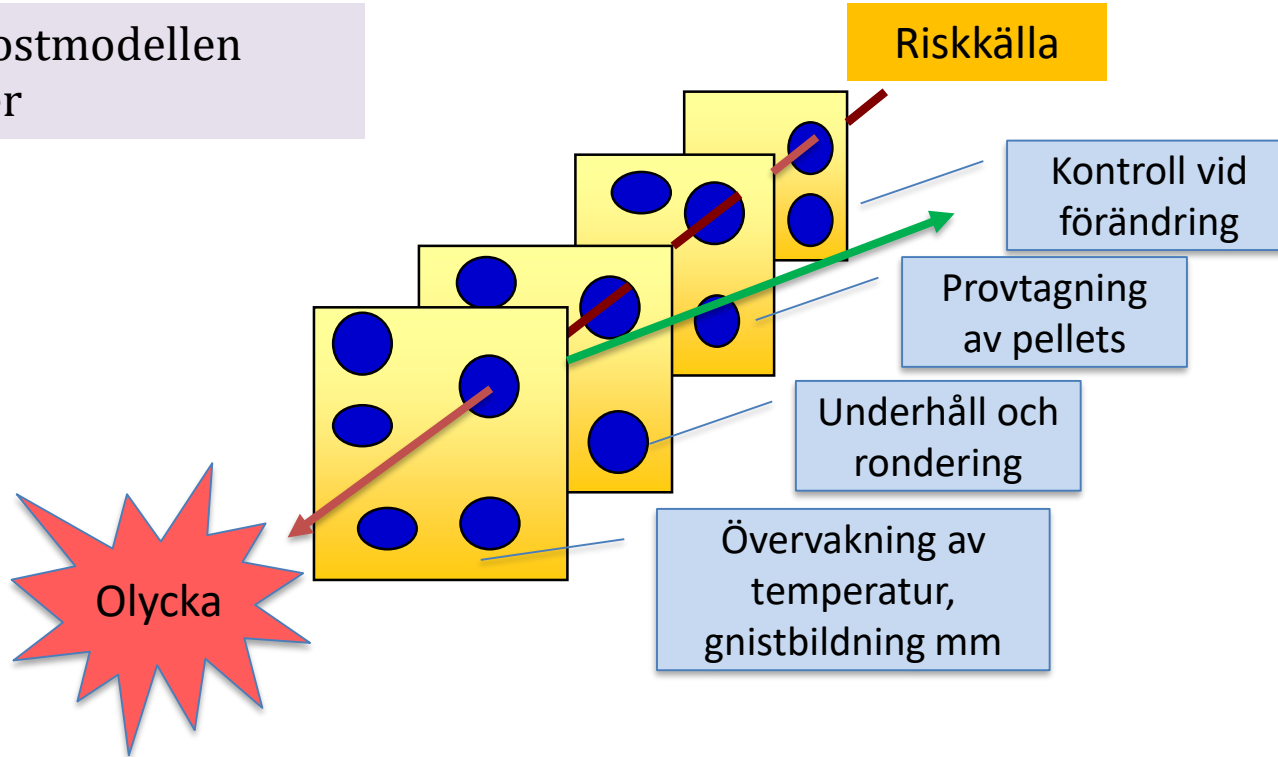


# Samverkande orsaker



# Samverkan av barriärer

Schweitzerostmodellen  
för barriärer



# Rekommendationer

- **Personssäkerhet**
  - Ingen personal i anläggning under drift
  - Se över rutiner för tillträde
  - Dimensionera utrusning så den tål beräknad explosionsövertryck
  - Explosionskanaler i kulvert (en ny och en befintlig) leds utomhus
- **Motverka haverier**
  - Säkerställa att löpande underhåll utförs enligt framtagna rutiner
  - Vädskydda lager och annan utrustning
  - Värdera fjärrövervakning då rondering inte är möjlig
- **Pelletshantering**
  - Uppdatera specifikation för mottagande av pellets
  - Etablera procedur för provtagning för att säkerställa specifikationen

# Rekommendationer

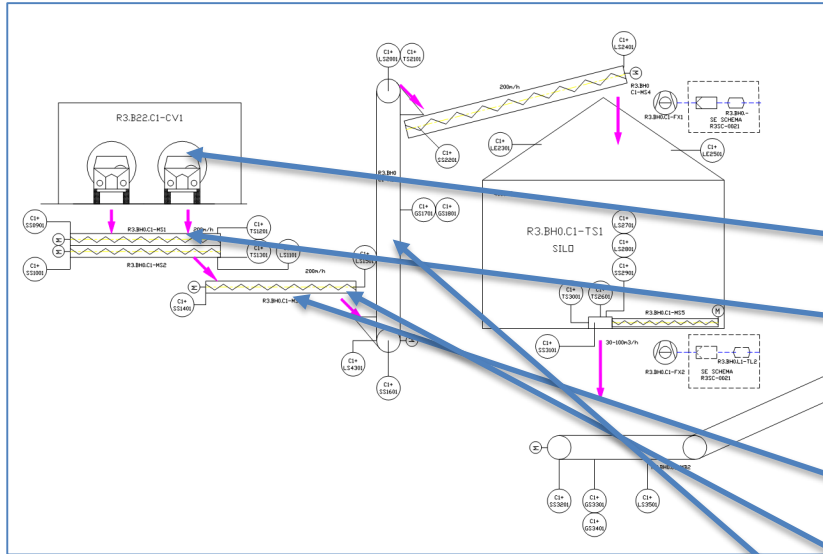
- Organisation
  - Förstärk rutiner för hantering av förändringar (byte av leverantör)
- Elektrisk utrustning
  - ATEX standard för underhåll av utrustning skall följas
  - Placera instrumentering på utsida av utrustning
- Främmande föremål
  - Hårdare krav på rengöring av bilar
- Explosionsavlastning
  - Beräkna explosionstryck och dimensionera avlastning

# Arbete efter utredning

- Med anledning av de stora konsekvenserna undersöktes anläggningens bränslespecifikation som låg till grund för dimensionering av utrustning och dess explosionsavlastning.
- Det antagna  $K_{St}$ -värdet som anger tryckhöjningshastigheten vid dimensionering var för lågt
- Svårt att hitta trovärdiga värden i litteratur och hos leverantör
- Höjt  $K_{St}$ -värdet från 102 till 200 bar m/s och dimensionerat anläggningen efter det

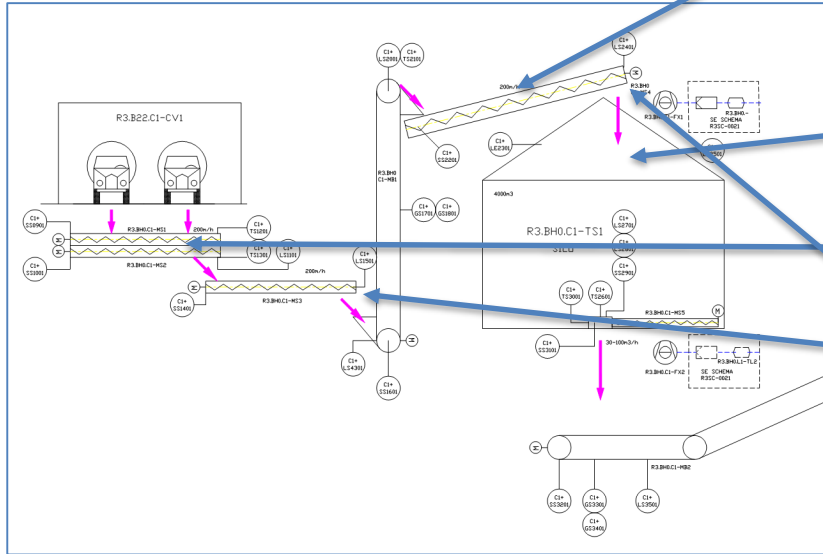


# Åtgärder vid återställande



- Förnyad riskbedömning på både yttre och inre bränslehanteringen
- Utökad ATEX-zon vid tippficka
- Reparation utmatningsskruvar tippficka (lock, remdrift & stup byts ut)
- Hela skruvtransportören, MS-3, byts ut
- Magnet innan elevator för att fånga skrot
- Ny elevator med två kanaler (återanvändning av serviceplan & trappor)

# Åtgärder vid återställande



Lager och lock byts ut på skruvtransportör, MS-4, till silo. Extra dammsugug på MS<sub>4</sub> samt explosionsavlastning.

Nytt tak på silo

- Skyddssystem mot brand och explosion:
  - Explosionsavlastning utmatningskruvar tippficka
  - Avstängningsspjäll innan elevator samt innan silo
  - Firefly och suppressionssystem på både yttre och inre bränslehanteringen
- Uppdaterad klassningstext och –plan
- Uppdatering av arbetsrutiner och insatsplaner

# Översikt av status för återställande



# Kontaktuppgifter

## ProSa - Process Safety Consulting AB

Ivan Mares

T 0727356388

E [ivan.mares@prosaconsult.se](mailto:ivan.mares@prosaconsult.se)

James Hannah

T 0702900645

E [james.hannah@prosaconsult.se](mailto:james.hannah@prosaconsult.se)

[www.prosaconsult.se](http://www.prosaconsult.se)