

ClR-seminarium 2019, 2019-05-22

# Hagastaden ur ett konstruktionsperspektiv

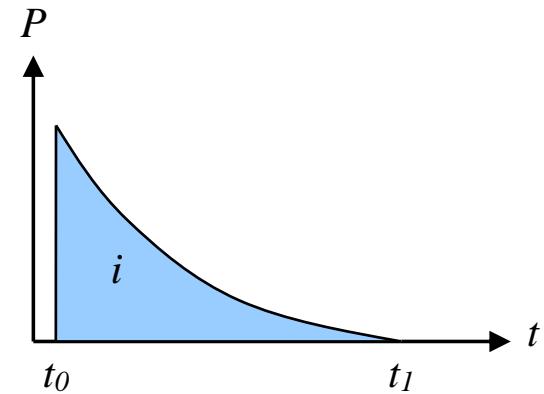


Morgan Johansson

# Indata vid explosionsbelastning

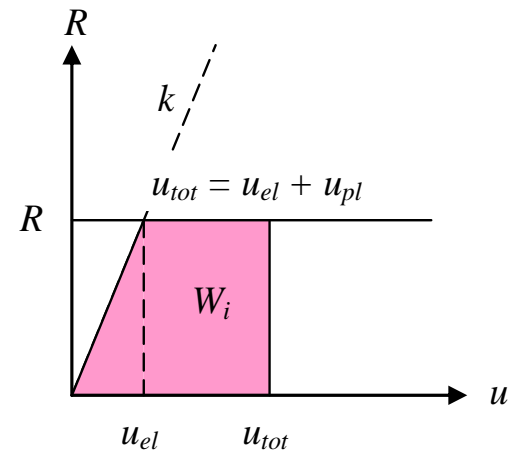
- Last

- Tryck
- Varaktighet
- Impuls



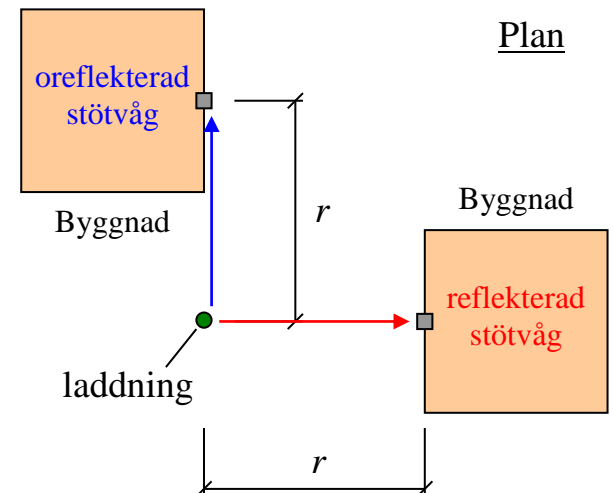
- Struktur

- Massa
- Styvhet
- Lastkapacitet
- Deformationsförmåga



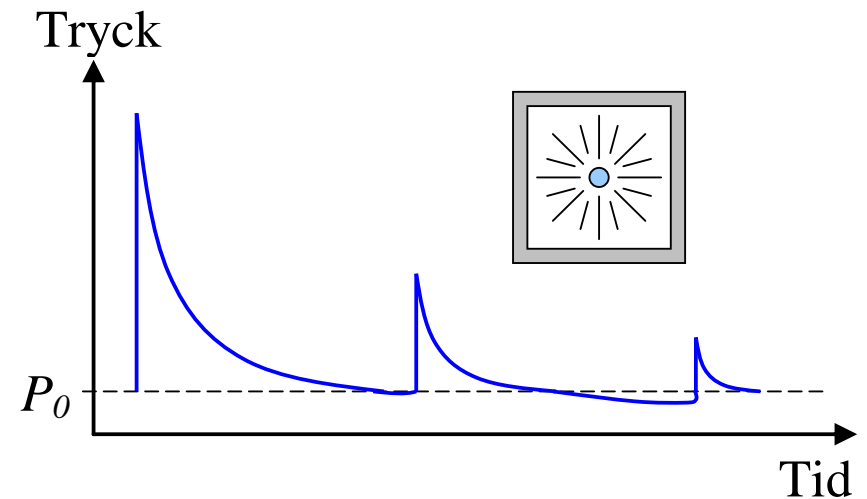
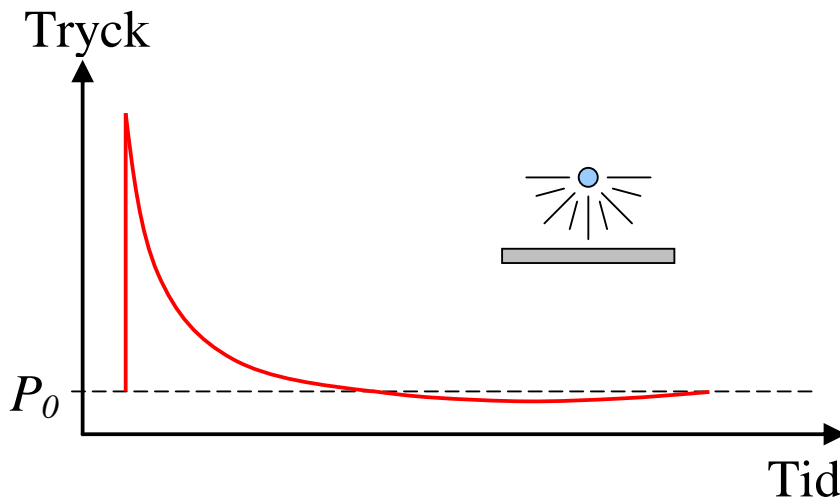
# Vad inverkar på lasten?

- Explosionens energiinnehåll
  - Energimängd
  - Förbränningshastighet
- Omgivningen
  - Avstånd och läge till utsatt punkt
  - Utbredningsmöjligheter



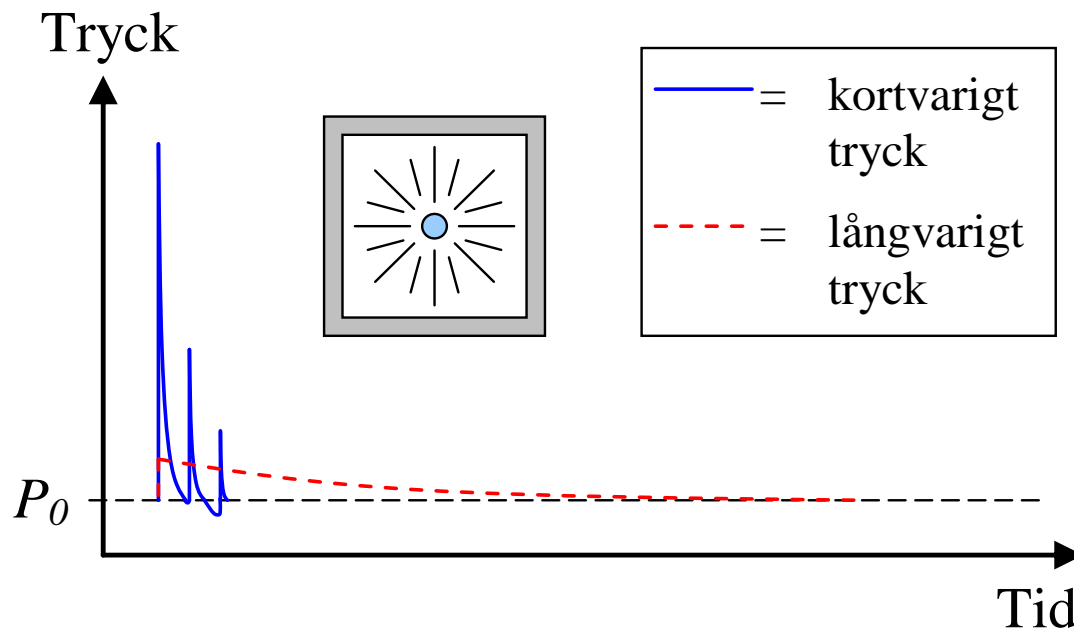
# Flerfaldig reflexion

- Omgivningen påverkar resulterande last



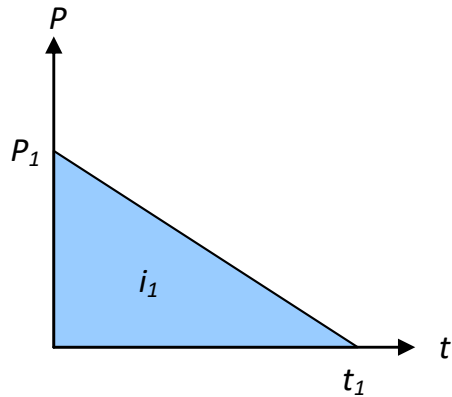
# Innesluten explosion

- Uppstår en kombination av olika laster
  - Kortvarigt tryck – flera reflexioner
  - Långvarigt tryck – spränggaser som inte ventileras bort
    - Påverkas av förhållandet volym /ventilationsarea



# Explosion i tunnel

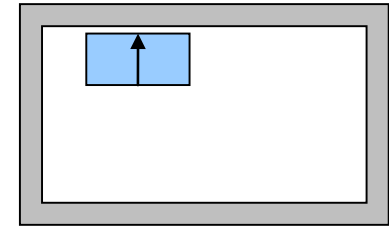
- Trafikverkets explosionslast i tunnel



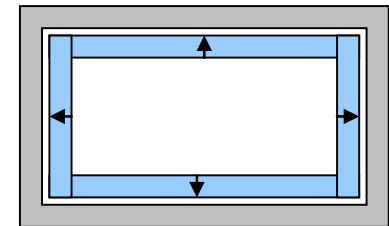
Längdsektion



Tvärsektion



Last 1 (kortvarig)



Last 2 (långvarig)

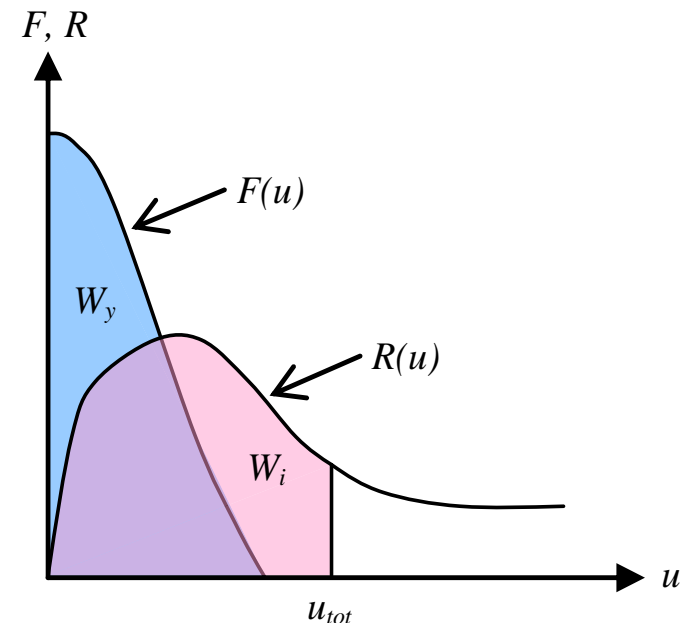
Nr	Beskrivning	$P_1$ [kPa]	$t_1$ [ms]	$i_1$ [Pas]	Lastyta
1	Lokalt tryck	5 000	2	5 000	4 x 4 m <sup>2</sup>
2	Fördelat tryck	100	50	2 500	alla ytor

# Hur skyddar man sig?

- Primärt
  - Avstånd
  - Skyddande massa
- Sekundärt
  - Energiupptagande konstruktion
  - God redundans (alternativ lastupptagning möjlig)

# Princip kring energibalans

- Impulslast ger upphov till ett yttre arbet  $W_y$ 
  - Storlek på  $W_y$  beror på impulslast, massa och mothållskraft
- Yttre arbete balanseras av inre arbete  $W_i$ 
  - Storlek på  $W_i$  beror på mothållskraft och erhållen deformation
- Energibalans ska uppnås
  - Maximal deformation (noll rörelse) nås när  $W_y = W_i$





# Kritiska parametrar hos struktur

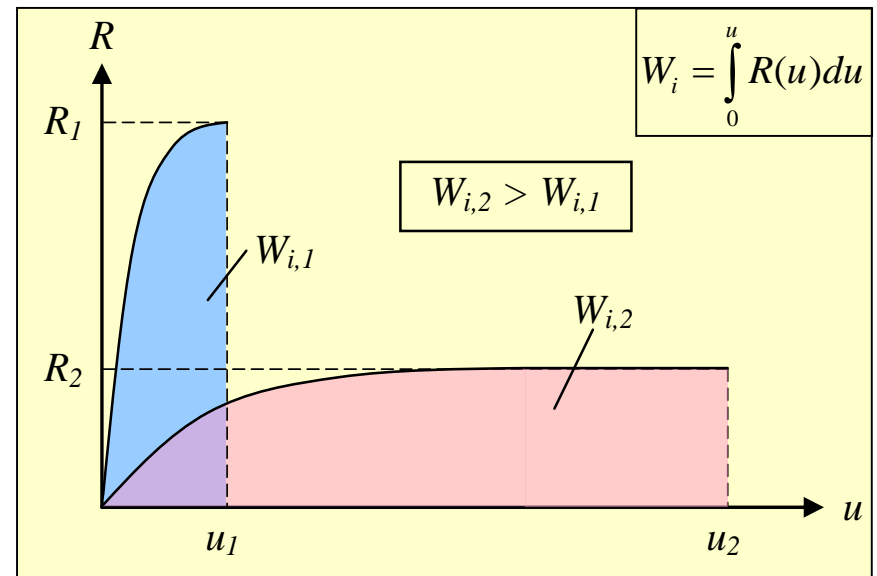
- Massa (yttre arbete)

$$W_y = \frac{I^2}{2m}$$

- Strukturegenskaper (inre arbete)

- Styvhet
- Hållfasthet
- Deformationsförmåga

Energiupptagningsförmåga,  $W_i$



# Kritiska parametrar hos struktur

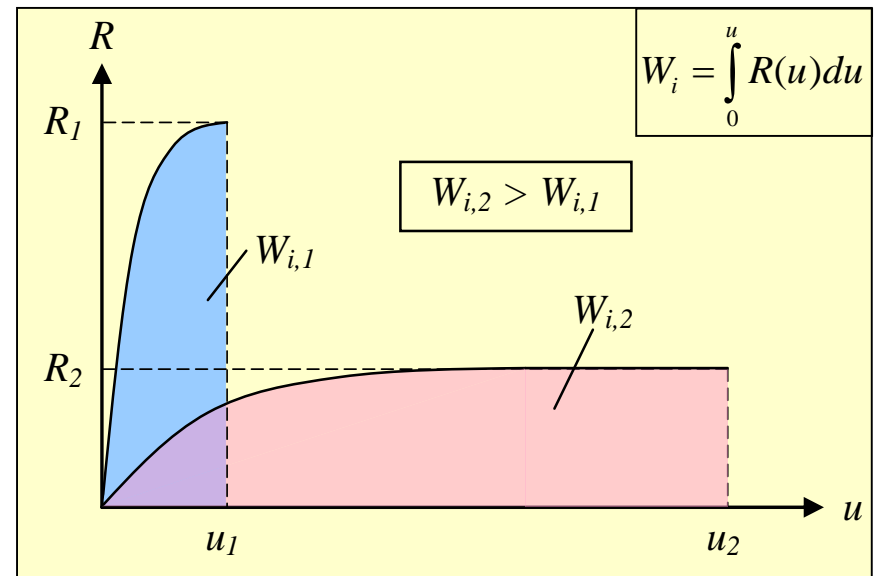
- Massa (yttre arbete)

$$W_y = \frac{I^2}{2m}$$

- Strukturegenskaper (inre arbete)

- Styvhet
- Hållfasthet
- Deformationsförmåga

Energiupptagningsförmåga,  $W_i$



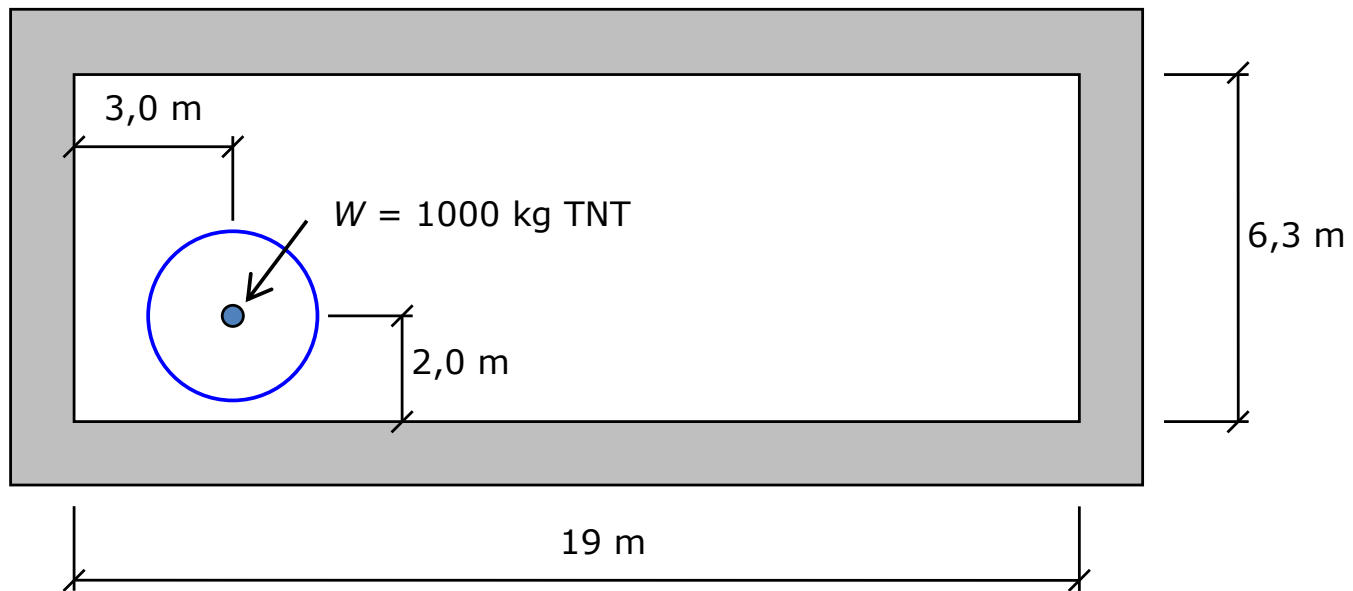
- Statisk last:  
hög styvhet/kapacitet önskvärt
- Impulslast:  
inte nödvändigtvis bra egenskaper

# Hagastaden, överdäckning (I)



# Hagastaden, överdäckning (II)

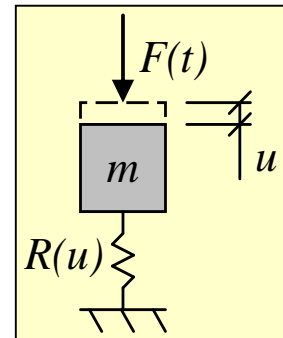
- Lastsituation



- Normal explosionslast i tunnel utgår från  $W = 30 \text{ kg TNT}$

# Hur görs beräkning?

- Last
  - Beräkningsmetod
    - Enkla fall / övergripande bild – Empiriska samband
    - Komplexa fall – FE-program anpassat för explosionsberäkning
- Strukturrespons
  - Dynamisk beräkning med olinjär strukturrespons
  - Beräkningsmetod
    - Enkla modeller (SDOF, 2DOF)
    - 2D eller 3D FE-analyser



# Hur görs beräkning?

- Last

- Beräkningsmetod

- Enkla fall / övergripande bild – Empiriska samband
    - Komplexa fall – **FE-program anpassat för explosionsberäkning**

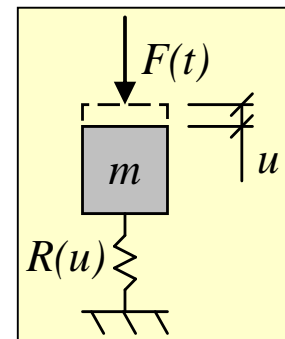
Överdäckning,  
Hagastaden

- Strukturrespons

- Dynamisk beräkning med olinjär strukturrespons

- Beräkningsmetod

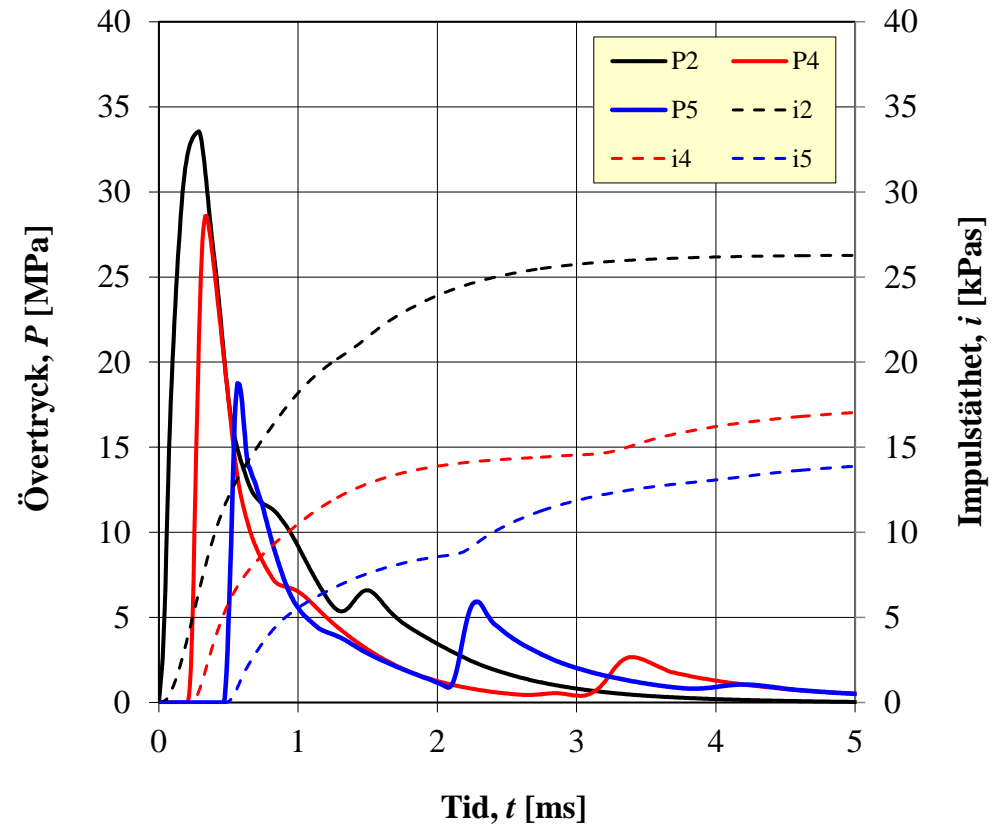
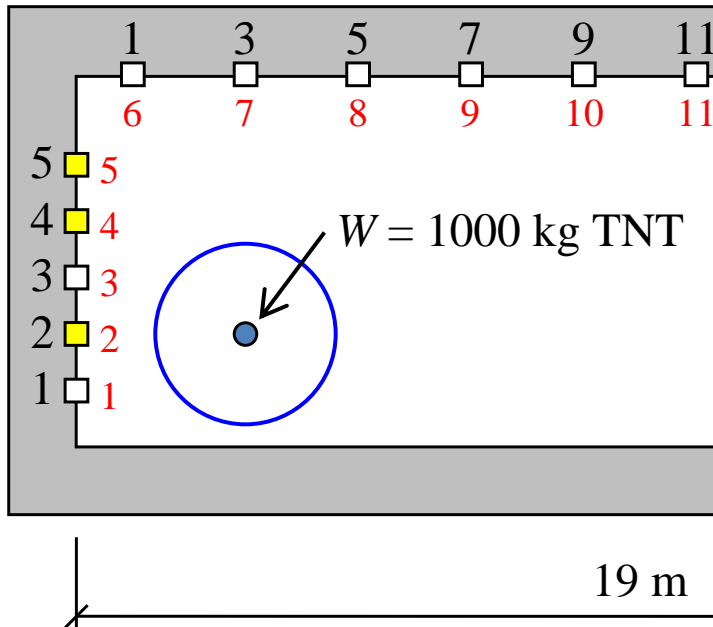
- Enkla modeller (**SDOF**, 2DOF)
    - 2D eller 3D FE-analyser



Detaljerad information: [www.msb.se/skyddsrum](http://www.msb.se/skyddsrum)

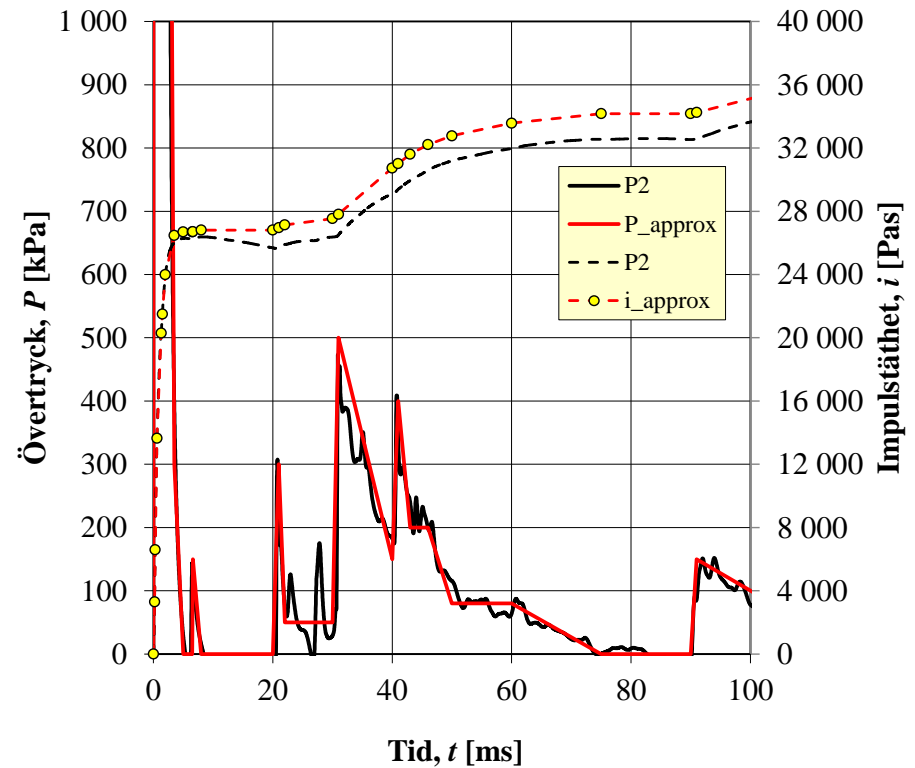
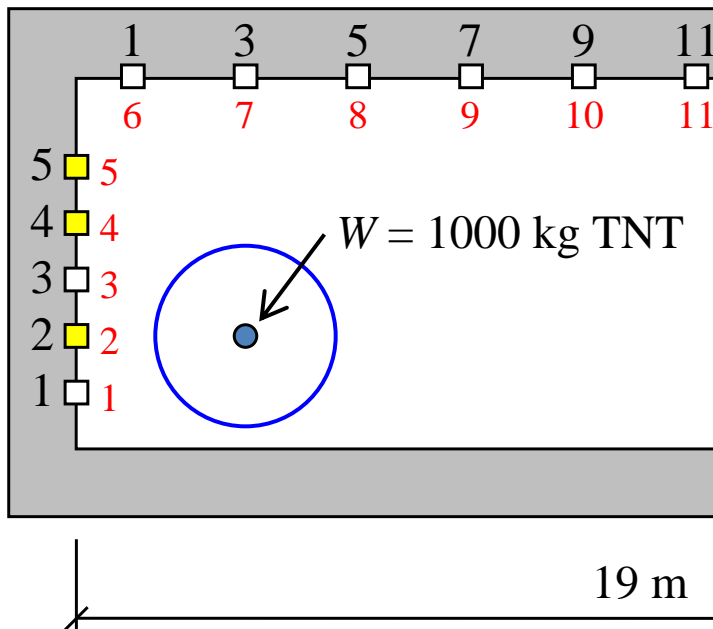
# Lastvärden (I)

- Initial last på närmaste vägg



# Lastvärden (II)

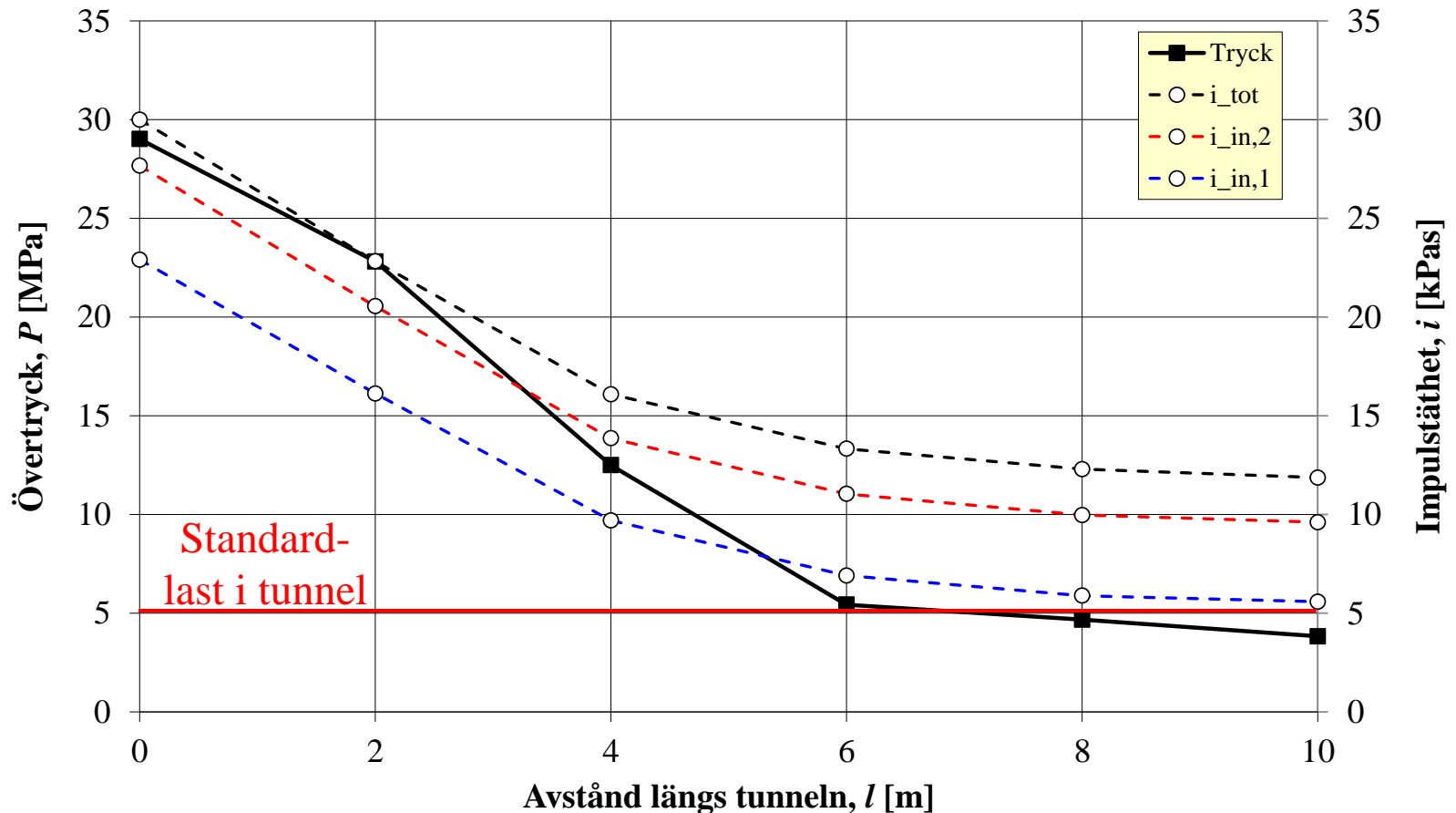
- Långvarig last på närmaste vägg





# Lastvärden (II)

- Lastens medelvärde över närmaste vägg



# Effekt av explosionslast (I)

- Effekt inne i tunneln
  - Samtliga närvarande inne i tunneln omkommer
- Önskan
  - Skydda närliggande byggnad från explosionens effekt
  - Förhindra skador på personer i byggnad
- Möjliga skyddskoncept
  - Tillåt lokalt brott men utforma omgivande byggnader att motstå den last som "läcker" ut
  - Förhindra uppkomst av brottzon, inneslut explosion inne i tunnel och isolera dess effekter

# Effekt av explosionslast (II)

- Lokalt brott tillåts
  - Komplext att bestämma storlek på utläckande last – svårt att bedöma lasteffekt på närliggande byggnad
  - Medför ökade krav på utformning av närliggande byggnad
  - Kan medföra krav på hur delar av närliggande byggnad får användas – oönskade begränsningar fås

# Effekt av explosionslast (III)

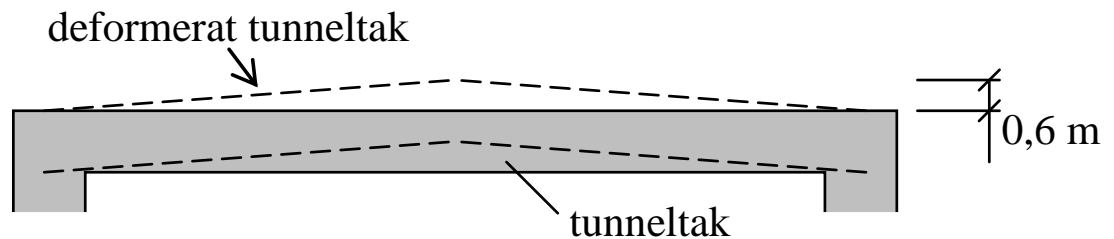
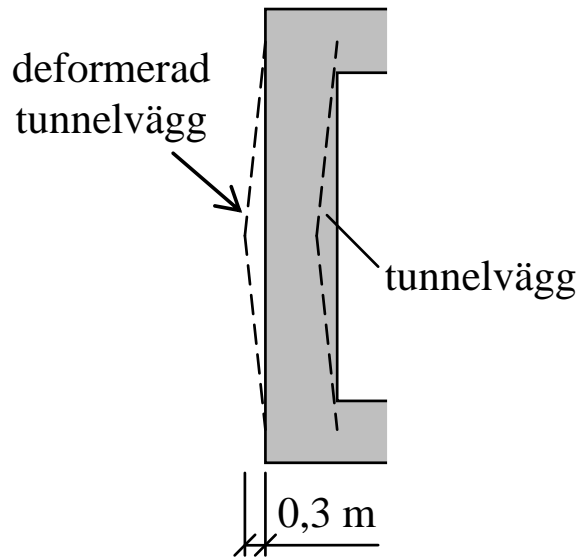
- Förhindrad brottzon
  - Ställer stora krav på konstruktionens utformning  
( $h = 1,2 \text{ m}$ ;  $\rho_s = 1,0\%$ )
  - Betydande deformationer skulle fortfarande uppstå  
( $u_{vägg} = 0,2 \text{ m}$ ;  $u_{tak} = 0,4 \text{ m}$ )
  - Stora deformationer kan medföra problem för närliggande byggnad – lasten riskerar att föras vidare
    - Särskilda åtgärder krävs för att förhindra detta

# Koncept för åtgärder

- Syfte
  - Förhindra lastöverföring från överdäckning till byggnad
- Förutsättning
  - Stöd mot vägg i överdäckning bedöms vara opåverkad om vägg klarar explosionslast
- Åtgärd
  - Säkerställ att erforderlig deformationszon finns mellan byggnad och överdäckning

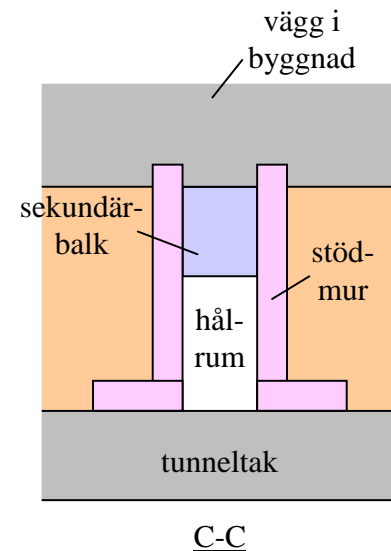
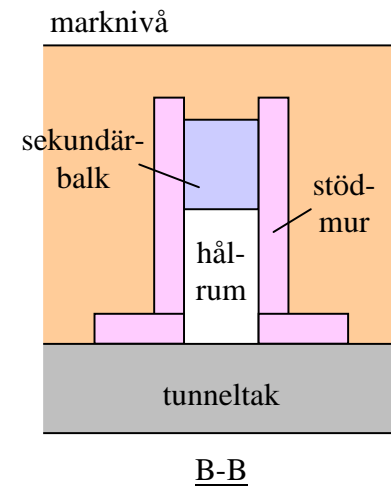
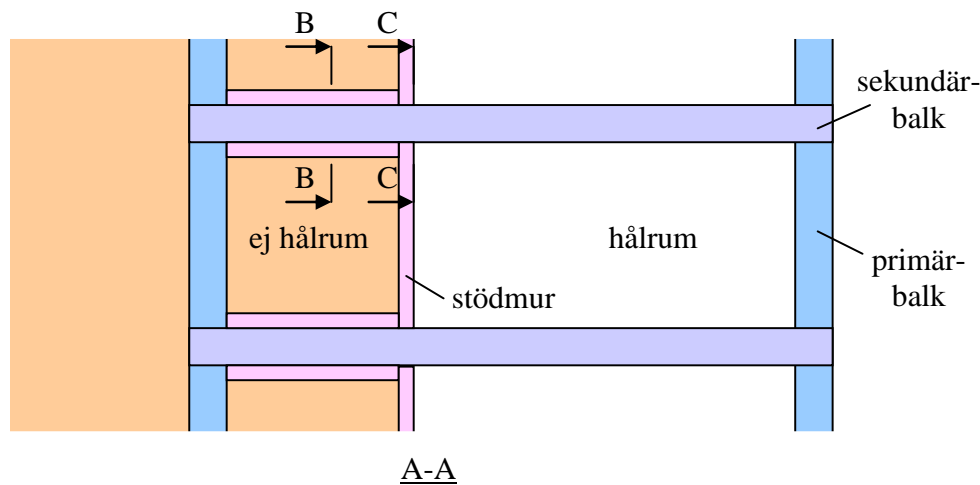
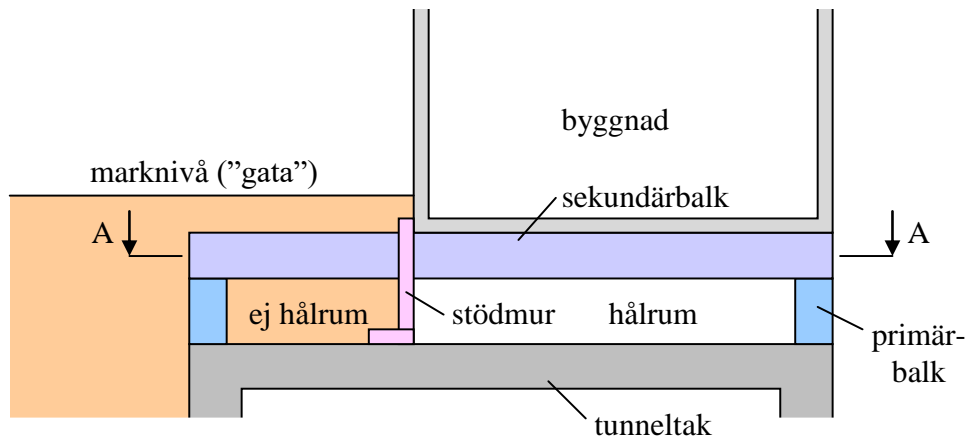
# Åtgärd vid vägg och tak (I)

- Erforderlig deformationszon
  - Bärande konstruktionsdelar ska inte påverkas av deformerad vägg eller tak i överdäckning



# Åtgärd vid vägg och tak (II)

- Exempel på utförande vid tak



Tack för uppmärksamheten!

Frågor?