

**B06-103**

## **Beräkningsanvisning för last**

### **Tryckläckage in i byggnad vid utvändig explosion**

Författare: Morgan Johansson. Ansvarig utgivare: Björn Ekengren.

<b>1 Orientering</b>	<b>1</b>
1.1 Samlingsdokument	1
1.2 Om detta dokument	1
<b>2 Tryckläckage genom öppning</b>	<b>2</b>
2.1 Invändigt tryck vid utvändig explosion	2
2.2 Illustration av reducerat tryck-tidssamband	3
<b>3 Referenser</b>	<b>6</b>

---

## **1 Orientering**

### **1.1 Samlingsdokument**

För allmän information om MSB:s kunskapsdokument i serien Beräkning av impulsbelastade konstruktioner, se dokument B01-101. Där ges bland annat övergripande bakgrund, en sammanfattande beteckningslista samt referenser. För en förteckning av utgivna och kommande dokument i serien hänvisas till dokument B01-102.

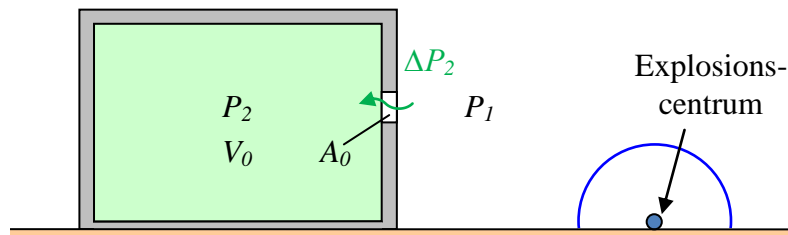
### **1.2 Om detta dokument**

I detta dokument sammanställs samband för hur trycket inne i en byggnad med öppning påverkas av en explosion utanför byggnaden.

## 2 Tryckläckage genom öppning

### 2.1 Invändigt tryck vid utvändig explosion

För en byggnad med öppningar ges i UFC 3-340-02, DOD (2008), ett uttryck för att beräkna den tryckuppbyggnad  $P_2$  som fås inne i byggnaden av trycket  $P_1$  som verkar på dess utsida efter en utvändig explosion, se Figur 2.1.



Figur 2.1 Invändigt tryck  $P_2$  inne i byggnad på grund av utvändigt tryck  $P_1$  från en explosion.

Tryckändringen  $\Delta P_2$  kan enligt detta samband beräknas som

$${}^{t+\Delta t}\Delta P_2 = {}^t C_L \cdot \frac{{}^t A_0}{{}^t V_0} \cdot \Delta t \quad (2.1)$$

där  $C_L$  är en koefficient för läckaetryck,  $A_0$  är läckagearea,  $V_0$  är volym i inläckande utrymme och  $\Delta t$  är studerat tidsinkrement. Koefficienten  $C_L = C_L(\Delta P)$  beror på tryckskillnaden  $\Delta P$  enligt Figur 2.2, där

$$\Delta P = {}^t P_1 - {}^t P_2 \quad (2.2)$$

och  $P_1$  samt  $P_2$  anger trycken på ömse sidor om öppningen under aktuellt tidsinkrement. Det resulterande tryck-tidssambandet  $P_2(t)$  i studerad volym fås genom att stegvis räkna fram  $\Delta P_2$  och summera dessa över tiden, dvs.

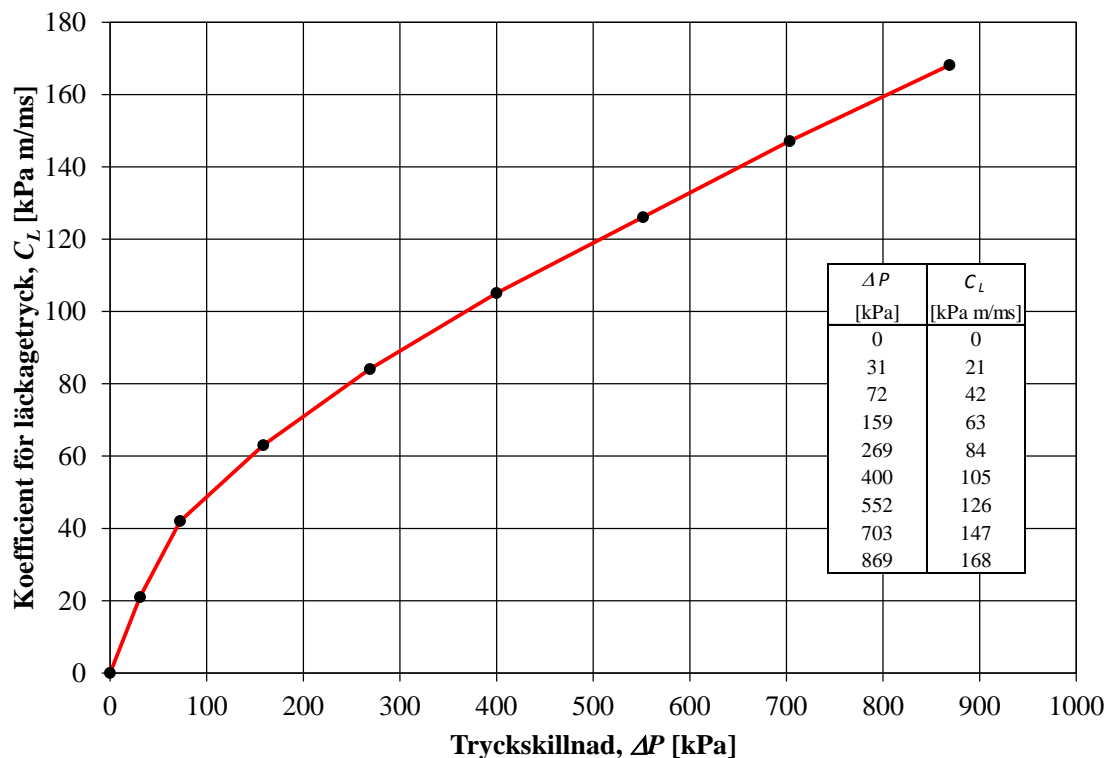
$${}^{t+\Delta t} P_2 = {}^{\Delta t} P_2 + {}^{t+\Delta t} \Delta P_2 \quad (2.3)$$

Enligt DOD (2008) gäller ekvation (2.1) för små värden på kvoten  $A_0/V_0$  samt en tryckskillnad som understiger omkring 870 kPa (125 psi). Några tydliga anvisningar om vad ”små värden” innebär ges inte i DOD (2008) men av beskrivningarna framgår att öppningarna utgörs av t.ex. ventilationshål. Här bedöms det vara rimligt att använda givna uttryck om  $A_0/V_0 \leq 0,10 \text{ m}^{-1}$ . Vidare införs en begränsning i beräkningarna att

$${}^{t+\Delta t} \Delta P_2 \leq \Delta P \quad (2.4)$$

dvs. att tryckändringen  ${}^{t+\Delta t} \Delta P_2$  inte kan överstiga tryckskillnaden  $\Delta P$  i studerat tidsinkrement  $\Delta t$ .

Av DOD (2008) framgår inte tydligt om tryckets infallsriktning har någon betydelse. Här tolkas detta som att det yttre trycket  $P_1(t)$  motsvarar det oreflekterade trycket  $P_s^+$ .



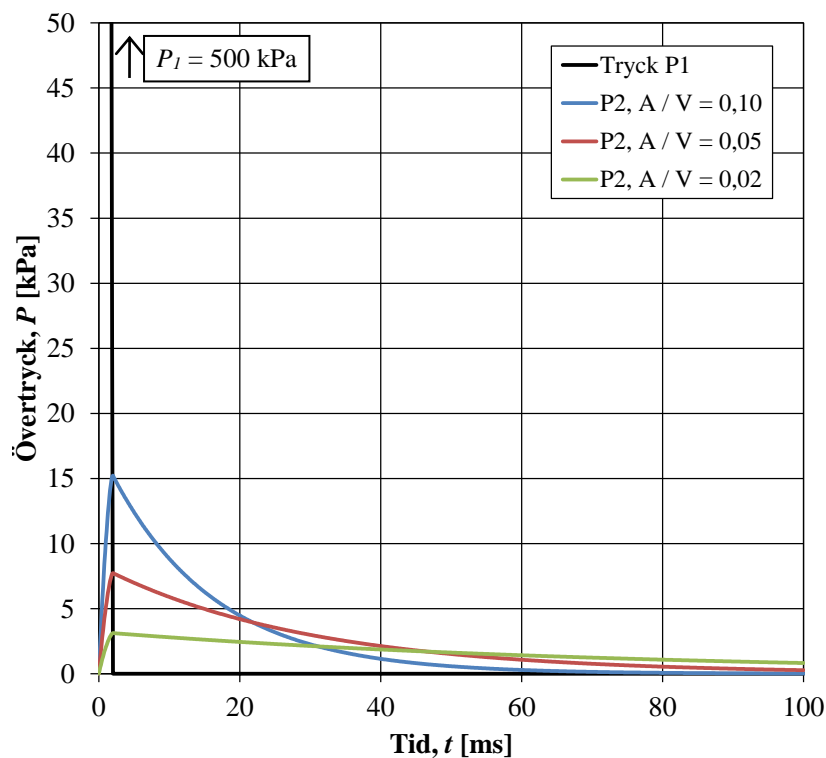
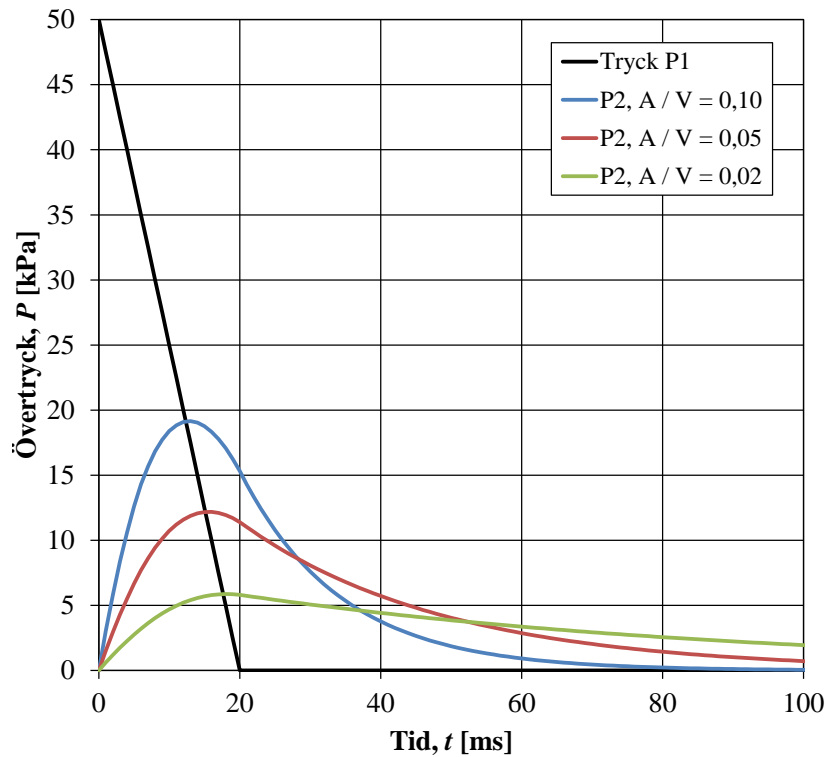
Figur 2.2 Koefficient för läcketryck  $C_L$  som funktion av tryckskillnad  $\Delta P$  på ömse sidor om öppning. Baserad på DOD (2008).

## 2.2 Illustration av reducerat tryck-tidssamband

Vid inläckage av tryck i byggnad kommer trycket  $P_2$  i den inneslutna volymen  $V_0$  gradvis att öka till dess att det uppnår det, vid tidpunkten, yttre trycket  $P_1$ , varvid det åter kommer att sjunka tillbaka. Detta resulterar i en tröghet i trycköverföringen som gör att det resulterande tryck-tidssambandet inne i byggnaden blir mer utdraget med ett minskat maximaltryck men ökad varaktighet. Detta illustreras i Figur 2.3 för två olika lastfall när kvoten  $A_0/V_0$  varierar mellan 0,02 och 0,10.

Det resulterande maximala trycket, varaktighet samt impulstätheten för exemplifierade fall sammanställs i Tabell 2.1. Av detta framgår att trycket  $P_2$  inne i byggnaden blir märkbart mindre än det yttre trycket  $P_1$ . När lasten är hög men har en kort varaktighet (2 ms) fås att tryckskillnaden blir mycket stor. För den mer långvariga lasten fås dock att den resulterande impulsen  $i_2$  är ungefär lika stor som applicerad impuls  $i_1$ . För den kortvariga lasten blir den resulterande impulsen  $i_2$  dock enbart omkring hälften så stor som  $i_1$ .

## Beräkning av impulsbelastad konstruktion



Figur 2.3 Resultande Tryck  $P_2$  inne i byggnad jämfört med tryck  $P_1$  som verkar på byggnadens utsida vid användning av uttryck enligt ekvation (2.1). Kvoten  $A_0/V_0$  varierar mellan 0,02 och 0,10. Trycklast  $P_1$  och  $P_2$  sammanfattas i Tabell 2.1.

## Beräkning av impulsbelastad konstruktion

Tabell 2.1 Resultierande maximalt tryck, varaktighet samt impulstäthet utanför respektive inne i byggnad för olika kombinationer av last öppningsarea  $A_0$  och volym  $V_0$ .

$A_0/V_0$ [m <sup>-1</sup> ]	Last utanför byggnad			Last inne i byggnad		
	$P_1$ [MPa]	$t_1$ [ms]	$i_1$ [Pas]	$P_2$ [MPa]	$t_2^{1)}$ [ms]	$i_2$ [Pas]
0,10	50	20	500	19,1	102	514
0,05	50	20	500	12,2	178	511
0,02	50	20	500	5,9	369	508
0,10	500	2	500	15,2	86	242
0,05	500	2	500	7,7	151	237
0,02	500	2	500	3,1	307	231

<sup>1)</sup> Tidpunkt när trycket understiger 0,05 kPa.

### 3 Referenser

DOD (2008): Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. UFC 3-340-02, Department of Defense, USA.