

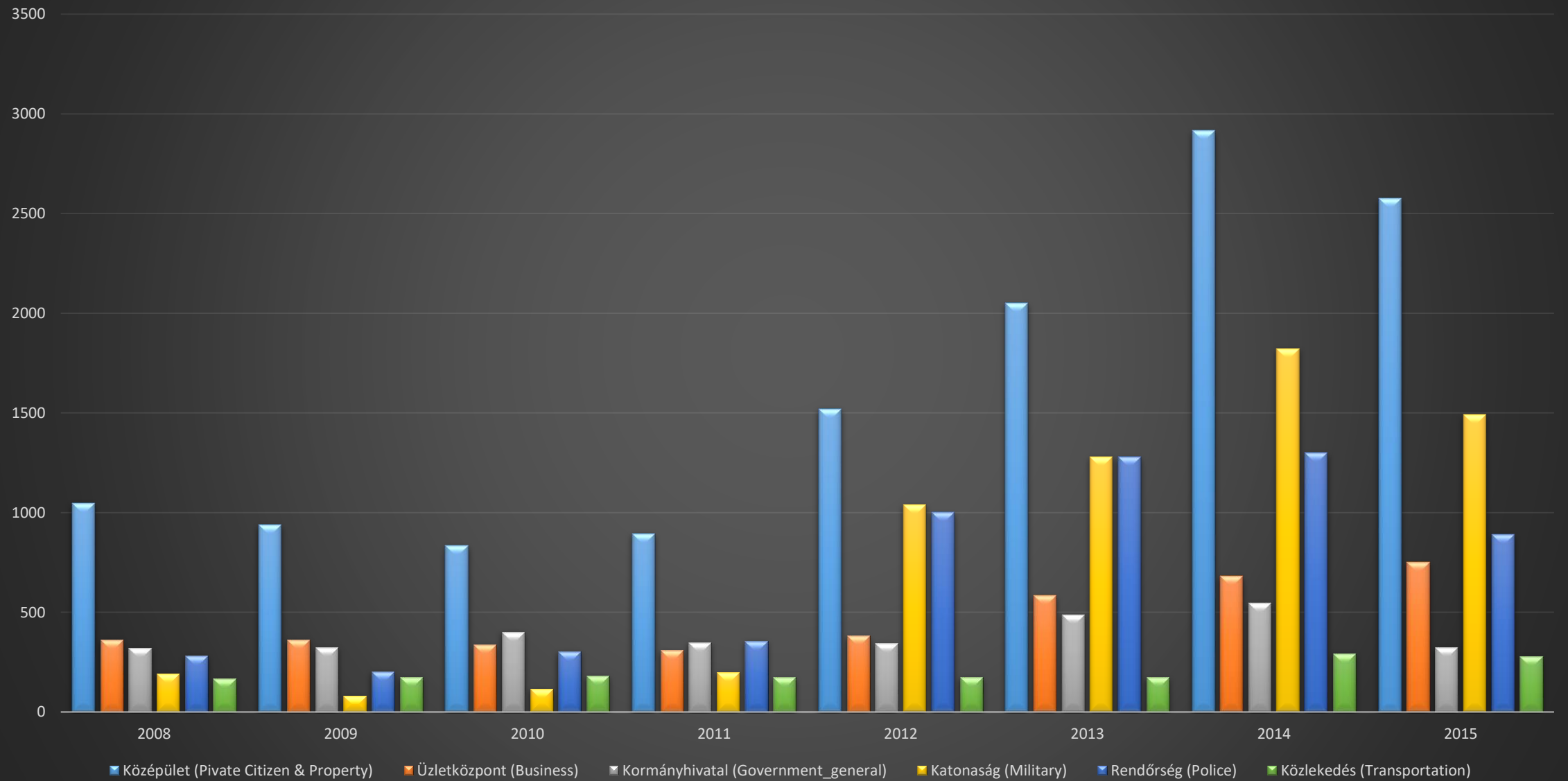
**Kovács Tibor – Hanka László –
Pető Richárd (ÓE BGK)**

**A hatósági eljárásokban a
robbanószeretek által okozott
károkozás meghatározásához
használható módszerek
kidolgozása**

1. részfeladat: a meglévő, a robbanóanyagokról szóló tanulmány felülvizsgálata, napjainkban rendelkezésre álló ismeretek alapján való kiegészítése

- A robbantások célpontjai;**
- Robbanóanyagok listája;**
- A robbanószerkezetek felépítése és működése;**
- A robbanószerkezetek alkalmazásának módszerei;**
- Egyes bűnös célú robbantásos cselekmények rövid leírása:...**

Robbantások célpontjainak gyakorisága a világon 2008 és 2015 között





C-4

90% RDX (hexogén) + 10% poli-izobutilén

Piszkosfehér

Sűrűség: 1,59 g/cm³

Detonáció-sebesség: 8040 m/s

[



TNT (trotil)

Trinitro toluol

Sárgás

Sűrűség: 1,64 g/cm³

Detonáció-sebesség: 6900 m/s





2. részfeladat: a robbanószerék alkalmazásával történő károkozás megbecsléséhez használt számítási módok megadása. A számítási és becslési eljárások bemutatása 2-3 jellemző scenárión keresztül.

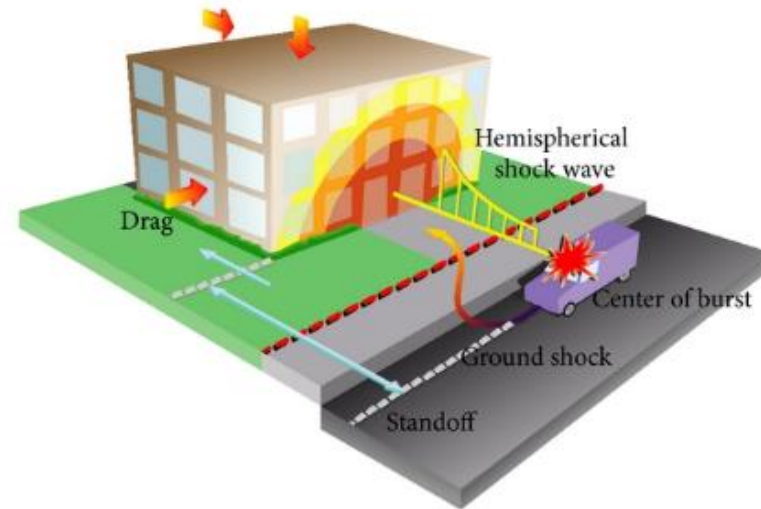
50s filmrészlet:




https://www.youtube.com/watch?v=_80gWIDQdHg

Jellemző scenáriók, amelyek vizsgálatát kérte az OAH

- Nyílás robbantásához szükséges **TNT** mennyisége **különböző anyagi minőségek** esetén
 - Téglafal (mészhabarcsban, cementhabarcsban)
 - Betonfal
 - Vasbetonfal (C20, C30,...,stb.). Ezen belül: Vas/acél robbantása
- Tipikus **töltet mennyiségek** figyelembe vételével:
0,5kg, 1kg, 5kg, 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, 200kg, 2000kg, 20000 kg
- Tipikus **detonációs távolságok** figyelembe vételével: **felületre szabadon felhelyezett töltettől ~100m detonációs távolságig elhelyezett közbehelyezett töltet.**

„Jellemző” szcenáriók: tömeg, távolság,...



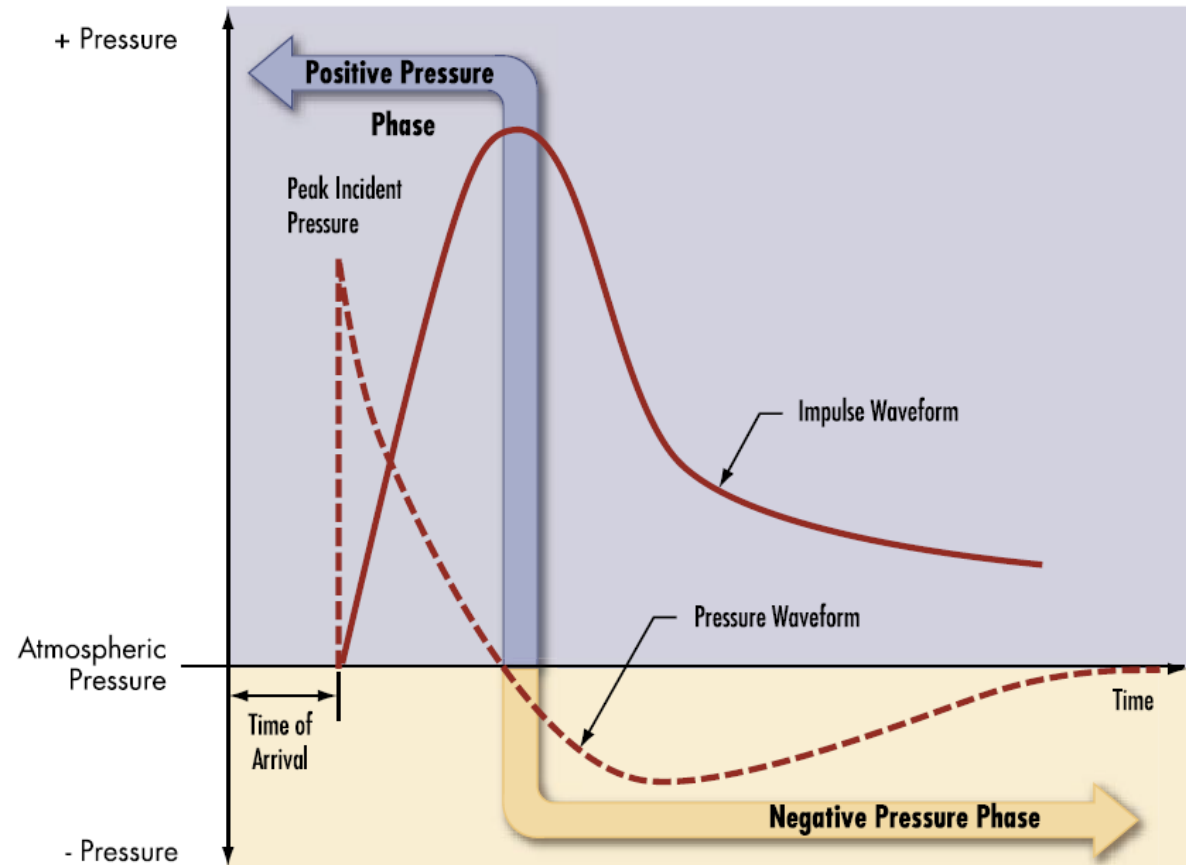
-  Overpressure
-  Reflected pressure
-  Perimeter protection (fence, guards, and barriers)

A számításokhoz szükséges matematikai háttér

Figyelembe véve az ábrán látható $P(t)$ nyomás és $I(t)$ impulzus függvényt, az egzakt válasz az alábbi integrál kiszámításával adható meg:

$$I_{total} = \int P(t) dt$$

A teljes impulzus hatásának a vizsgálatához szükséges még figyelembe venni a robbantandó falak anyagszerkezeti állandóit...



A levezethető egzakt matematikai egyenletek az Euler egyenletek:

$$\frac{d}{dt} \int_{\omega} \rho dV = \int_{\partial\omega} \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA,$$

$$\frac{d}{dt} \int_{\omega} \rho \mathbf{v} dV = \int_{\partial\omega} (\rho \mathbf{v} \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} + p \mathbf{n}) dA,$$

$$\frac{d}{dt} \int_{\omega} \rho \left(e + \frac{1}{2} |\mathbf{v}|^2 \right) dV = \int_{\partial\omega} \left[\rho \left(e + \frac{1}{2} |\mathbf{v}|^2 \right) + p \right] \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA.$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0,$$

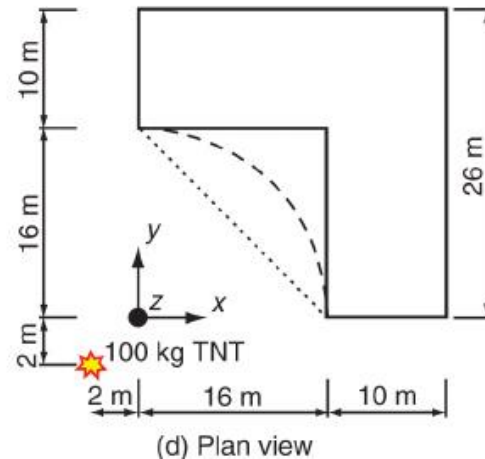
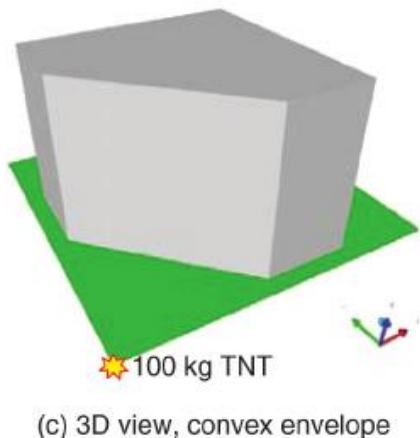
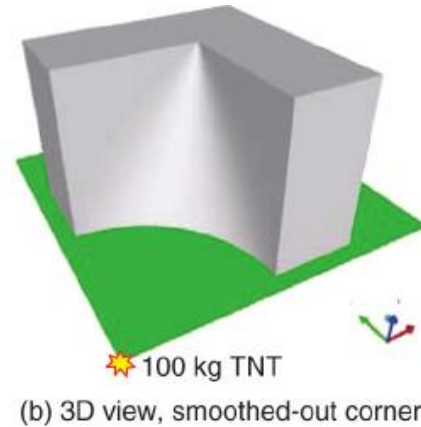
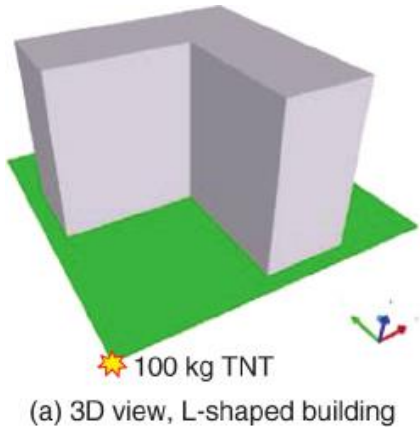
$$\frac{\partial(\rho \mathbf{v})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v} + p \mathbf{G}) = \mathbf{0},$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(e + \frac{1}{2} |\mathbf{v}|^2 \right) \right] + \nabla \cdot \left\{ \left[\rho \left(e + \frac{1}{2} |\mathbf{v}|^2 \right) + p \right] \mathbf{v} \right\} = 0,$$

Ezek az egyenletek egzaktak, de közvetlen gyakorlati alkalmazásra nem alkalmasak...

Egyszerűbb, átláthatóbb, világosan alkalmazható matematikai formulákra és könnyen értékelhető eredményekre, numerikus adatokra van szükség!!!

További kérdés lehet még az épületek alakja illetve a környezet geometriája



Az ábrán látható szituációkban más és más ugyanannak a töltetnek a fizikai hatása egy épületre/építményre vonatkozólag.

Érthető okokból **konkrét adatokkal nem rendelkezünk** a robbantásokkal szemben védelmet igénylő infrastruktúra elemek méretéről, alakjáról, környezetéről.

„Ökölszabályok”

- Az előző diákon bemutatott okok miatt csak **egyszerűsített, nagyvonalú, általános érvényű szabályok, matematikai formulák** alapján vizsgálhattuk a problémát.
- „Ökölszabályok” figyelembe vételével végeztünk számításokat minden scenárióra, amely vizsgálatát az OAH kérte.
- Ilyen ökölszabályok alapján készítik pl. a honvédségi robbantási szabályzatokat.
- Az általunk alkalmazott matematikai formulák szerepelnek többi között a múlt század második felében az **orosz(szovjet) katonai robbantási szabályzatban**, amely következésképpen a magyar hadsereg robbantási szabályzata is volt. **Az egyszerűsített matematikai formulák helyessége „kísérletileg”, a robbantási gyakorlatok által alá van támasztva.**

Közbehelyezett töltet hatásának vizsgálata

Cél: falban nyílás robbantásának vizsgálata

- A szükséges robbanószer mennyisége a következő formulával számítható:

$$M = 30 \cdot A \cdot h \cdot r^2$$

- ahol az egyes karakterek jelentése a következő:
 - M: a robbanóanyag tömege (kg)
 - A: a robbantandó fal szilárdságától függő anyagi állandó (1. táblázat)
 - h: a robbantandó fal vastagsága (m)
 - r: a robbanótöltetnek és a fal szimmetria síkjának a távolsága (m)
- **A nyílás karakteres mérete a fal vastagságának duplája.**

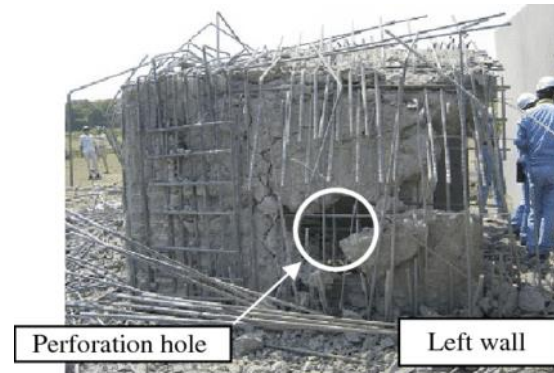
1. táblázat: Egyes faltípusok anyagi állandója

<u>Anyag megnevezése</u>	<u>Az „A” értéke</u>
• Téglafal (mészhabarcsban)	0,75 - 1
• Téglafal (cementhabarcsban)	1,2
• Építészeti beton	1,5
• Vasbeton (a beton kiveréséhez)	5,0
• Vasbeton (az armatúra átszakításához)	20,0

Téglafal robbantása

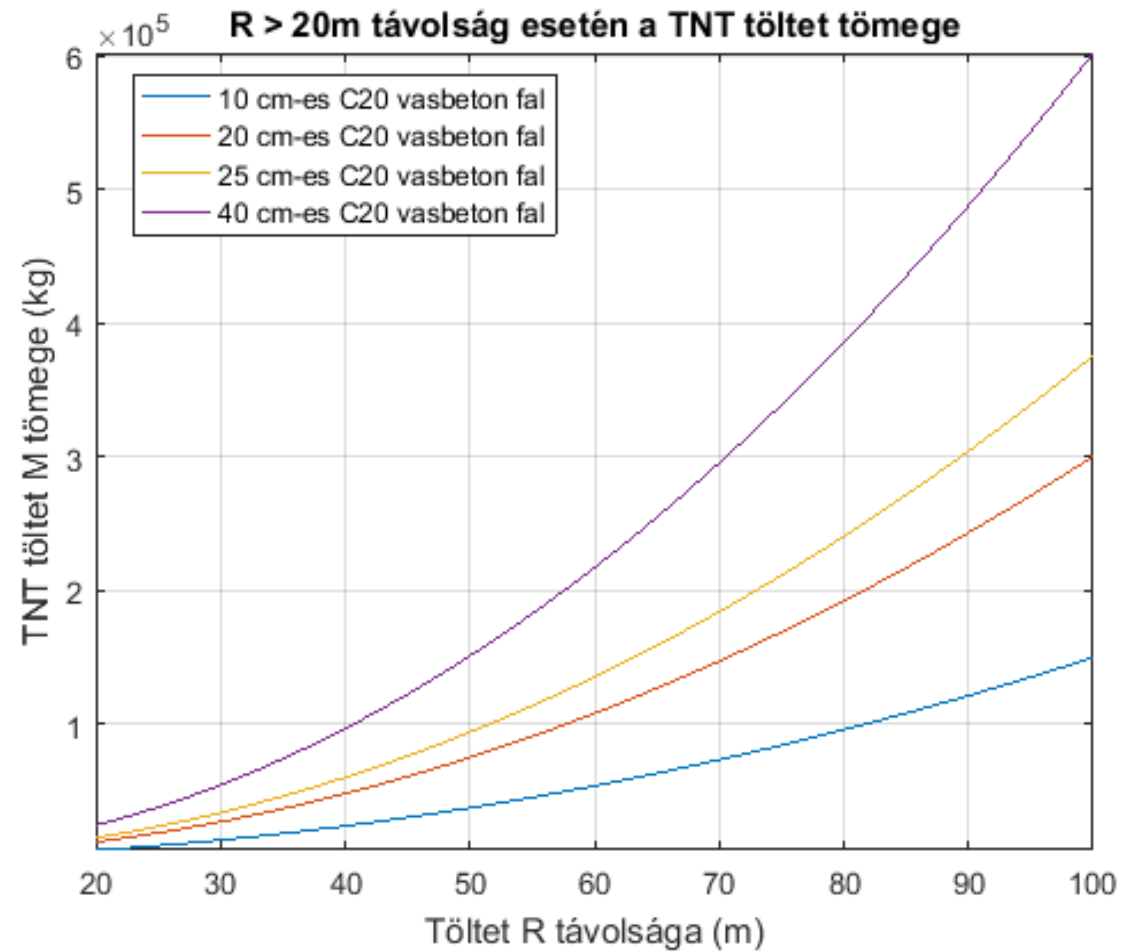
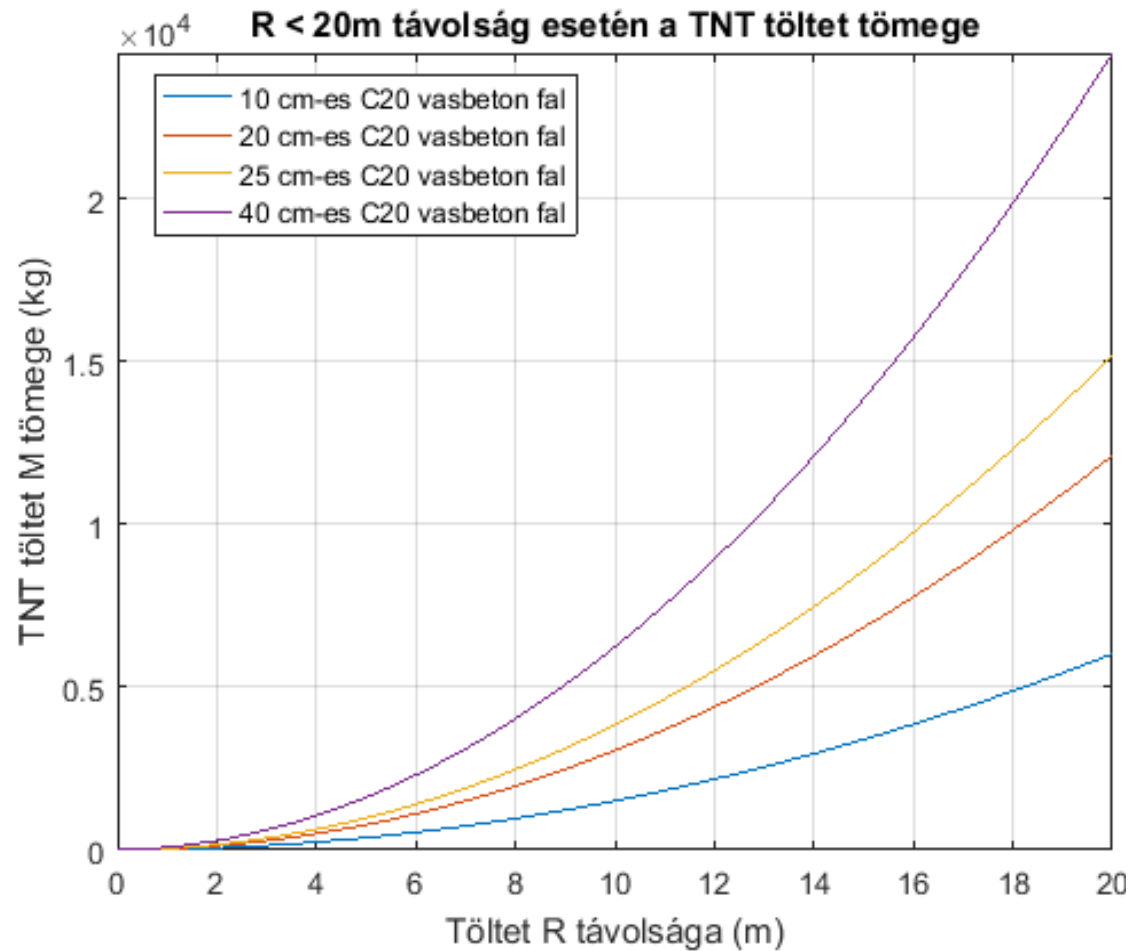


Vasbeton robbantása



A robbantási gyakorlat szerint vasbeton robbantásánál legtöbbször **csak a beton kirobbanása érhető el**. A vasszerkezet átrobbanása újabb robbantást igényel. → kettős robbantásokat is vizsgáltunk a tanulmányban.

C20 vasbetonfal robbantása grafikus eredményekkel: A beton kiveréséhez szükséges töltet mennyisége



Táblázatban, áttekinthető formában foglaltuk össze a numerikus eredményeket:

falvastagság	0,5m	1m	5m	10m	20m	50m	100m
'10 cm'	4	16	382	1515	6030	37575	150150
'20 cm'	10	36	780	3060	12120	75300	300600
'25 cm'	14	47	984	3844	15188	94219	375938
'40 cm'	29	86	1622	6242	24482	151202	602402

C20 vasbeton falban nyílás robbantásához (a **beton kiveréséhez**) szükséges TNT töltet tömege *kg* egységben adott falvastagságok és adott *R* távolságok esetén, **szabadon elhelyezett töltettel**

Ha az épület oszlopokon áll...



Ebben az esetben a „**beton kiverése**” is elég a kollapsezushoz, az épület lerombolásához. Nincs szükség az „**armatura átszakítása**”-ra.

Vasbeton oszlopok, tartók, pillérek robbantása

oszlopvastagság	0,5m	1m	5m	10m	20m	50m	100m
'10 cm'	1,51	5	127	505	2010	12525	50050
'20 cm'	3	12	260	1020	4040	25100	100200
'25 cm'	4	15	328	1281	5062	31406	125312
'40 cm'	9	28	540	2080	8160	50400	200800

C20 vasbeton **tartók, oszlopok, pillérek robbantásához** szükséges TNT töltet tömege *kg* egységben adott falvastagságok és adott *R* távolságok esetén, **szabadon elhelyezett töltettel**

Látható, hogy **az oszlop robbantásához szükséges töltet mennyisége az azonos vastagságú falban, nyílás robbantásához szükséges töltet mennyiségének a harmada.**

Vizsgálataink között szerepelt még:

- Felületre helyezett összpontosított töltet robbantása
- Felületre helyezett elnyújtott töltet robbantása
- Fojtás nélküli és fojtott töltetek robbantása
- Acél robbantása
- Szendvics szerkezetű fal robbantása
- Kettős robbantások (vas – acél egymás után) vizsgálata

2019:

A hatósági eljárásokban a robbanószeretek által okozott károkozás meghatározásához használható módszerek validálása robbantási eredmények figyelembe vételével.

kovacs.tibor@bgk.uni-obuda.hu

06309963317

hanka.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

06204883943