

ASTEROIDNEDSLAG PÅ JORDEN

Björn Berglund

Institution för mikroelektronik, KTH
Stockholm, Kista
me03_bbe@it.kth.se

Daniel Gerdman

Institution för mikroelektronik, KTH
Stockholm, Kista
me03_dge@it.kth.se

Robert Chabo

Institution för mikroelektronik, KTH
Stockholm, Kista
me03_rch@it.kth.se

SAMMANFATTNING

Frågeställning till projektet har varit hur stora skador som uppstår då en asteroid slår ner på jorden. Med skador syftar man på att det ska beräknas hur djupa kratrar som bildas vid sådana nedslag då en stor energimängd frigörs, och utifrån det ska man själv kunna dra slutsatser om vilka konsekvenser det skulle få om någon asteroid skulle slå ner i en storstad.

Den metod som använts för att kunna beräkna asteroid nedslag är att i en liten skala simulera ett nedslag. Resultaten från experimentet har sedan använts för att beräkna kraterdjup hos "riktiga nedslag". Det man har tittat på och beräknat är den energi som asteroiderna slår ner på jorden med, för att sedan jämföra nedslaget med en atombombsexplosion.

INLEDNING

Detta projekt går ut på att få information om hur stora skador asteroid nedslag skulle kunna orsaka om de slår ner på jorden och bildar såkallade kratrar.

Då det inte ska bli alltför avancerade beräkningar tas enbart hänsyn till då nedslaget sker med vinkelrätt infallsvinkel. Även luftmotståndet och den del av asteroiden som "brinner" upp och därför förgasas då den kommer in i jordens atmosfär försummas.

FAKTA

Ett väldigt stort antal av meteoriter kommer in i jordens atmosfär dagligen, men dom flesta är väldigt små och har en vikt på några milligram, detta innebär att dom brinner upp innan dom ens når jordytan. Men asteroider och även kometer som är avsevärt mycket större både i storlek, och massa kan orsaka stora skador om dom slår ner på jorden.

Ett bra exempel om vad som kan hända när en asteroid som slår ner på jorden är Barringer kratern i Arizona, som slog ner för cirka 50, 000 år sedan. Den bestod av järn och hade en storlek på cirka 30 – 50 meter i diameter. Kratern som bildades då den slog ner har en diameter på cirka 1200 meter i diameter och ett djup på cirka 200 meter.



Figur 1: Barringer Kratern, Arizona USA

EXPERIMENT

idé

Genom att i liten skala simulera asteroid nedslag på jorden, ska man undersöka hur faktorer som massa och hastighet spelar in på de kratrar som bildas.

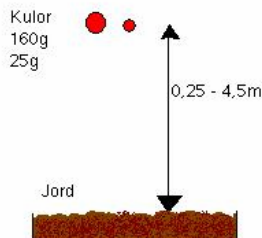
Genomförande

Experimentet bestod av att man släppte spelkolor med varierande vikt och storlek från olika höjder för att sedan mäta djupet på den grop som skapades då de slog ner i jorden.

Tre olika kulor av vikten 5, 25 och 160 gram, samt vanlig blomjord som kulorna släpptes i användes till experimentet. Man mätte sedan djupen på de hål som

de olika kulorna skapade. Första försöket gjordes med poröst jord, men det var svårt att få fram något säkert resultat. Det visade sig även att kulan med en vikt på 5 gram inte gav några bra värden och valdes därför bort från experimentet. Höjderna man släppte ifrån i första experimentet varierade från 0,5 meter till 2 meter, med ett intervall på 0,5 meter.

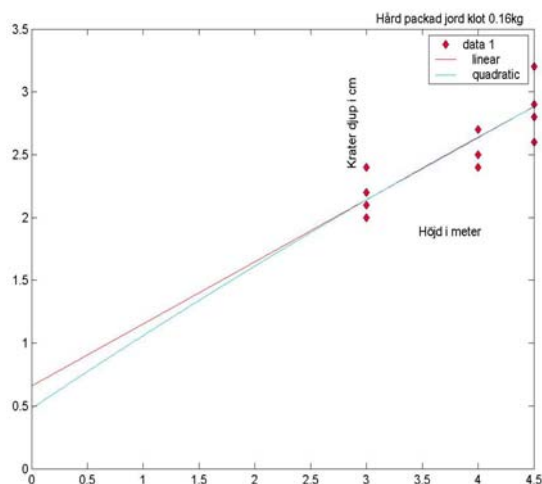
Därför gjorde man om experimentet men denna gång packades först jorden, och använde enbart den tyngre av de tre kulorna, dvs. den med en vikt på 160 gram och man ökade även höjden som kulorna släpptes ifrån, denna gång var höjden mellan 3 meter till 4.5 meter.



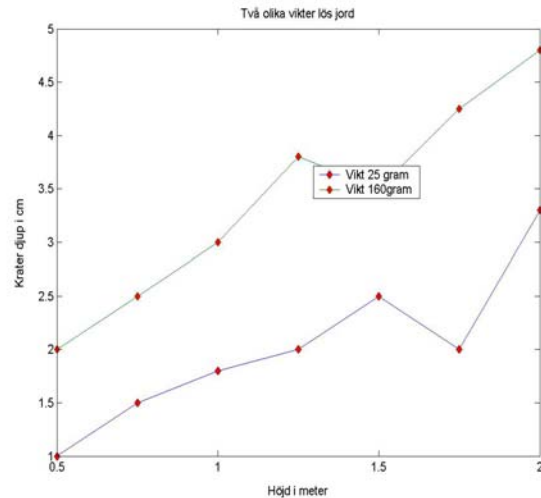
Figur 2: Uppställning av experimentet

Resultat

De olika värdena som mättes upp plottade vi i två diagram (Se bilaga). Y-axeln i diagrammen visar djupen på de hål (i centimeter) som mättes upp och X-axeln visar höjden de släpptes ifrån (i meter). Grafen anpassade vi sedan med minsta kvadratmetoden i Matlab.



Figur 3: Kraterdjupet som en funktion av höjden den tyngsta kulan släpptes ifrån i packad jord



Figur4: Kraterdjupet som en funktion av höjden två av kulorna släpptes ifrån i lös jord

Felkällor

Eftersom joden var porös i det första experimentet blev mätningarna väldigt osäkra pga. att jordens konsistens varierade från försök till försök. Även groparnas djup var svåra att mäta pga. av den porösa jorden. Vid det andra försöket med hårdpackad jord blev groparnas djup lättare att mäta, vilket innebar att det var en större säkerhet på mätvärdena, men ändå var det en mät osäkerhet $\pm 1-2$ millimeter.

ENERGIN HOS ASTEROIDER

För att beräkna energin hos asteroider används formeln för kinetisk energi. Valet av formeln är den mest lämpliga i sammanhanget på grund av att asteroiden enbart påverkas av en konservativ kraft, vilket är tyngdkraften, samtidigt som luftmotståndet försummas.

$$T = \frac{mv^2}{2}$$

Dock så kommer man här att behöva värden på både massa (m) och hastighet (v).

Farten hos en normal asteroid ligger mellan ca 10-30 km/s. Massan för en asteroid varierar beroende på både storlek och densitet. Asteroiderna kan bestå av tre olika material vilket är järn, sten eller is. Densiteten för dessa material är cirka:

ρ_{vatten}	$\rho_{\text{järn}}$	ρ_{sten}
$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$3000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tabell 1: Densiteten hos tre olika material

Volymen av asteroiderna är varierande, men det finns fler av den mindre sorten och asteroiderna blir ovanligare desto större i storlek de är. De största som man brukar använda sig av i beräkningar är ca 10 kilometer i diameter och är även de största som kommer att räknas på i detta projekt.

Exempel

Massan för en asteroid i storleken 5 kilometer i diameter av järn blir då $5.1 \times 10^{14} \text{ kg}$. Hastigheten för asteroiden antas vara 30 km/s och då skulle energin bli $2 \times 10^{23} \text{ J}$. Den energimängden motsvarar cirka 50 Tton trotyl. Att jämföra med så var atombomberna över Japan under andra världskrigets slut på 10 respektive 20 Kton trotyl.

Beräkningar

Tanken är att djupet i kratern kan beskrivas som en fjäder, där energin som erfordras för att göra en krater (x) meter djup är ekvivalent med en arbetsintegral, där (k) kan ses som en fjäderkonstant och energin från den nedsläppta kulan ger följande ekvation.

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_0^x kx dx \\ T = \frac{mv^2}{2} \end{array} \right. \Leftrightarrow \frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

Man kan då således lösa ut k – värdet, då dom andra värdena är kända. Djupen på hålen (x) hade erhållits från experimentet. Höjden kulorna släpptes ifrån var även dom kända och man kan på så sätt räkna ut hastigheten de hade då de träffade jorden, genom att använda formeln för kinetisk energi. Se tabell 1 nedan, där man kan se några av dom värden som fått, samt vilka k-värden som då beräknats fram.

Kula=25 gram, porös jord		
Hastighet (m/s)	Höjd (m)	k (N/m)
3,1	0,55	2402
4,9	1,25	1500
5,9	1,75	2175
7,7	3	
9,4	4,5	
Medelvärde		1600

Kula=160 gram, porös jord		
Hastighet (m/s)	Höjd (m)	k (N/m)
3,1	0,55	3844
4,9	1,25	2660
5,9	1,75	3083
7,7	3	
9,4	4,5	
Medelvärde		3305

Kula=160 gram, packad jord		
Hastighet (m/s)	Höjd (m)	k (N/m)
3,1	0,55	
4,9	1,25	
5,9	1,75	
7,7	3	23716
9,4	4,5	17044
Medelvärde		19648

Tabell 2: Ett fåtal utvalda mätvärden

Eftersom tre olika experiment utfördes erhöles således tre olika värden på k. Anledningen till att k-värdet skilde sig mellan kulan på 25 gram och kulan på 160 gram berodde med stor sannolikhet på att tvärsnitts arean hos de båda kulorna var olika.

För att undersöka dom experimentella k-värdena användes Barringer kratern i Arizona i USA för att jämföra med. Den är 200 meter djup och träffades av en asteroid som antas ha varit 30-50 meter i diameter. Asteroiden bestod av järn (se densitet för järn i tabell 1). Hastigheten en asteroid har när de slår ner i jorden brukar variera mellan 10 – 30 km/s.

Den minsta energin blir i så fall $5,5 \times 10^{15} \text{ J}$ och den största möjliga energin blir $2 \times 10^{17} \text{ J}$. K-värdena för den meteoriten skulle då bli mellan 137 500 MN/m till 5 000 GN/m vilket är betydligt större än det k-värde vi erhöles hos kulan på 160 gram som släpptes på den packade jorden.

Av detta kan man sluta sig till att k-värdet är beroende på arean av meteoriten. Arean för den största kulan var cirka $0,001 \text{ m}^2$, medan arean för meteoriten blir cirka 1000 m^2 till 2000 m^2 . Arean är



ca 10^6 gånger större jämfört med spelkulan medan k-värdet är mellan $10^7 - 3 \times 10^8$ gånger större.

Om man antar att k -värdet är proportionell mot tvärsnitts- arean hos asteroiden så skulle det betyda att k-värdet hos asteroiden som orsakade Barringer kratern som består av sten skulle vara mellan 10 - 300 gånger större än k-värdet för den packade jorden som användes i experimentet.

SLUTSATS

Det man har kommit fram till i detta projekt är att kraterdjupet vid ett asteroid nedslag är beroende på följande parametrar, den är linjärt beroende på asteroidens fart, hos diametern och densiteten krävdes en fyrdubbling av längden respektive densiteten för att kratern skulle bli dubbel så djup. Dessutom är kraterdjupet omvänt proportionell mot roten ur k-värdet hos materialet som den slår ner i.

Det som också visade sig var att de största asteroiderna som finns ute i rymden i vårt "närområde" skulle vid ett nerslag kunna frigöra en energi som motsvarade flera miljarder gånger den energi som frigörs vid en atombombsexplosion.

REFERENSER

<http://impact.arc.nasa.gov/gallery/index.html>

<http://aci.mta.ca/TheUmbrella/Physics/P3401/Investigations/AsteroidDAR.html>

<http://www.permanent.com/a-impact.htm>