Metodik för framtagning av utslagskriterier för komponenter - ett första steg

Mats Hartmann

FOI-R--1755--SE
ISSN 1650-1942

Vapen och skydd
Underlagsrapport

November 2005

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Vapen och skydd
147 25 Tumba

Tel: 08-555 030 00

www.foi.se

Metodik för framtagning av utslagskriterier för komponenter - ett första steg

FOI-R--1755--SE
ISSN 1650-1942

Vapen och skydd

Utgivare	Rapportnummer, ISRN	Klassificering
FOI - Totalförsvarets Forskningsinstitut Vapen och skydd 147 25 Tumba	FOI-R--1755--SE	Underlagsrapport
	Forskningsområde 5. Bekämpning och skydd	
	Månad, år Novemberr 2005	**Projektnummer** E2007
	Delområde 51 VVS med styrda vapen	
	Delområde 2	

Författare/redaktör	Projektledare
Mats Hartmann	Gunnar Wijk
	Godkänd av
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig

Rapportens titel

Metodik för framtagning av utslagskriterier för komponenter - ett första steg

Sammanfattning (högst 200 ord)

En av de svåraste uppgifterna under arbetet med att skapa en målbeskrivning är att sätta utslagskriterier på komponenter. Kriterierna används för att fastslå om en komponent klarar eller går sönder av en viss påverkan, som kan utgöras av t.ex. penetration, tryck, värme eller acceleration.

I det arbete som redovisas här har försök gjorts att beskriva en komponent, som i normala målbeskrivningar oftast representeras av en enda del, med ett flertal små delar. Komponenten har i detta fall valts att vara en radioapparat. Den har sedan beskjutits från många olika riktningar med flera olika penetratoregenskaper. Resultaten sammanställs och förhoppningen är att de kan visa på ett lämpligt utslagskriterium för en ”en-dels” beskrivning av radion.

Resultaten är lovande men metoden kräver i dagsläget mycket arbete. Ett antal problem med metodiken redovisas.

Nyckelord

värdering utslagssannolikhet penetration kriterier sårbarhet komponent AVAL

Övriga bibliografiska uppgifter	**Språk** Svenska
ISSN 1650-1942	**Antal sidor:** 39 s.
Distribution enligt missiv	**Pris: Enligt prislista**

Issuing organization	Report number, ISRN	Report type
FOI – Swedish Defence Research Agency Weapons and Protection SE-147 25 Tumba	FOI-R--1755--SE	Base data report
	Programme Areas 5. Strike and protection	
	Month year November 2005	**Project no.** E2007
	Subcategories 51 Weapons and Protection	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Mats Hartmann	**Project manager** Gunnar Wijk	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish armed forces	
	Scientifically and technically responsible	

Report title (In translation)

Methodology for decisions for kill criterion of components - a first step

Abstract (not more than 200 words)

One of the hardest tasks during the creation of a target description is to give kill criterions to the components. These criterions are used to conclude weather a component copes with or breaks during external loads, such as penetration, heat, pressure or acceleration.

In the work presented in this report is a component, which normally would consist of one part in a target description, describes with many small parts. The component in this case was chosen to be a radio. It has been striked from many directions and with alternating penetrator performance. The results are compiled with a hope that they might show a consistent kill criterion that can be used for a “one-part” description of the radio.

The results are promising but the method requires a lot of work. A number of other problems are present

Keywords

assessment kill probability penetration criterion vulnerability component AVAL

Further bibliographic information	Language Swedish
ISSN 1650-1942	**Pages** 39 p.
	Price acc. to pricelist

Innehåll

1 Bakgrund ... 5
2 Detaljsimuleringar på enstaka sammansatta komponenter ... 5
2.1 Simuleringar ... 6
2.1.1 Penetrationsförmåga ... 6
2.1.2 Angreppsriktningar ... 6
2.1.3 Simuleringsrutnät ... 6
2.2 Resultatanalys ... 7
3 Resultat ... 8
4 Problem med metodiken ... 11
4.1 Line of sight ... 11
4.2 Antal träffade delkomponenter ... 11
4.3 Tidsåtgång ... 11
4.4 Verkligheten ... 12
4.5 Kvalitetsjämnhet ... 12
4.6 Behov ... 12
5 Behov av fortsatt arbete och andra metoder ... 12
5.1 Variation av ansatta utslagskriterier ... 12
5.2 Utslagssannolikheten som funktion av hålvolym vid skalning av komponenten ... 12
5.3 Volym av vitala komponenter i den studerade komponenten ... 12
5.4 Typ av komponenter ... 12
5.5 Metodik för att hitta och ansätta utslagskriterier för andra påkänningar ... 13
6 Slutsatser ... 13
7 Referenser ... 13
Bilaga 1: Beskrivningen av radioapparaten ... 14
Inledning ... 14
Geometrisk beskrivning ... 14
Ingående filer ... 16
Ansatta utslagskriterier ... 16
Materialdata ... 17
Bilaga 2: Penetrator ... 18
Bilaga 3: Sammanställning av simuleringsresultat ... 19

1 Bakgrund

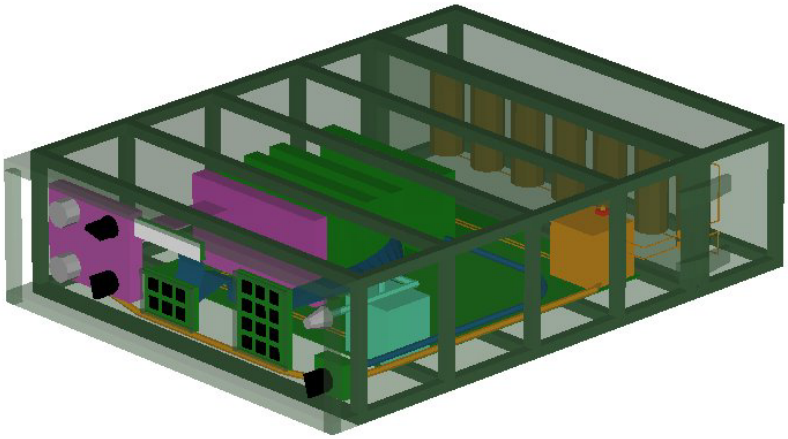
En av de svåraste uppgifterna under arbetet med att skapa en målbeskrivning är att sätta utslagskriterier på komponenter. Kriterierna används för att fastslå om en komponent klarar eller går sönder av en viss påverkan, som kan utgöras av t.ex. penetration, tryck, värme eller acceleration. Huruvida en komponent är fungerande eller inte är information som måste finnas tillgänglig då man ska avgöra om vissa funktioner finns tillgängliga eller inte för en plattform.

I det arbete som redovisas här har försök gjorts att beskriva en komponent, som i normala målbeskrivningar oftast representeras av en enda del, med ett flertal små delar. Komponenten har i detta fall valts att vara en radioapparat. Radioapparaten har utsatts för simulerad beskjutning från många riktningar och med varierande prestanda hos penetratorn. Förhoppningen är att resultaten från dessa simuleringar ska visa att det bör vara möjligt att via liknande simuleringar ansätta utslagssannolikheter till enkelt beskrivna komponenter i ett större och mer komplext system. Ett likartat arbete har tidigare framgångsrikt genomförts i syfte att ansätta skadekriterier för människan [1].

Om detta visar sig vara en framkomlig väg kan samma arbete också utföras på ännu mindre komponenter, t.ex. sådana som ingår i radion. När komponenterna är tillräckligt små borde de slås ut bara av att träffas, vilket underlättar ansättandet av utslagskriterier. Dessa kan då användas vid beskrivningar av större och större komponenter. Slutligen kan man, om metodiken håller, genomföra simuleringar på hela plattformar och ur dessa få trovärdiga avdömningskriterier som kan utnyttjas mer generellt i spel och resonemang.

2 Detaljsimuleringar på enstaka sammansatta komponenter

Inom ramen för arbetet har en målbeskrivning av en radioapparat, liknande RA180 [2], Figur 1 och med utförligare redovisning i bilaga 1, och en penetrerade stridsdel (projektil), som redovisas i bilaga 2, framställts. Dessa har utnyttjats vid genomförandet av ett stort antal simuleringar för att utröna om det är möjligt att hitta utslagskriterier som kan ansättas till en betydligt enklare beskrivning av radioapparaten.



Figur 1: Radioapparaten

2.1 Simuleringar

Simuleringarna definieras av penetratorns verkan, anslagshastighet och angreppsriktning. Penetratorn kallas nedan både penetrator och projektil då det är meningen att metodiken ska kunna användas för alla slags penetrerande stridsdelar.

2.1.1 Penetrationsförmåga

Penetratorn har i simuleringarna givits hastigheter så att penetrationsförmågan i referensmaterialet handelsstål har varit 1, 3, 5, 8 och 12 mm. För varje simulerad anslagshastighet har penetratorns förmåga att skapa hål (projektildiametern) varierats så att håldiametern har blivit 1, 3, 5 och 10 mm. Genom att man känner både penetrationsförmåga och håldiameter kan man även bestämma vilken hålvolym som kan fås i en homogen komponent av referensmaterialet till följd av beskjutningen.

2.1.2 Angreppsriktningar

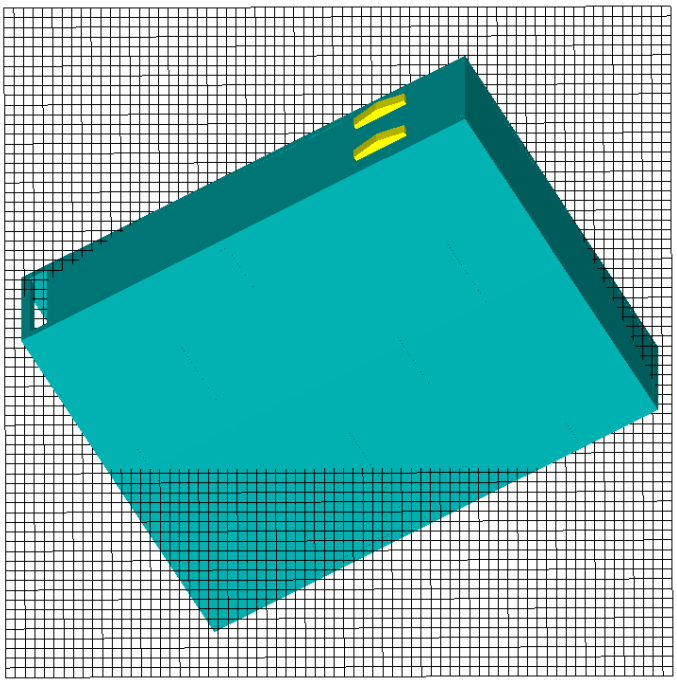
Den utslagssannolikhet som fås fram måste vara riktningsoberoende för att vara användbar i dagens värderingsprogram (AVAL[*]). Därför måste simuleringar genomföras från många olika riktningar och resultaten från alla riktningar jämkas samman till ett slutresultat.

I denna studie har målet beskjutits från riktningar med 30° intervall. Horisontellt sett ger detta angreppsvinklarna 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° och 330°. För varje horisontalvinkel har angreppsriktningarna 90°, 60°, 30°, 0°, -30°, -60° och -90° i höjdled simulerats. Denna uppsättning angreppsriktningar ger 84 simuleringar för varje anslagshastighet och projektildiameter.

2.1.3 Simuleringsrutnät

Simuleringarna har genomförts genom att 25 skott skjutits med slumpmässigt läge inom varje ruta i ett rutnät bestående av kvadrater med sidan 1 cm som täcker hela målet med råge. För varje sådan ruta beräknas ett medelvärde av resultaten från de 25 skotten. Dessa medelvärden ligger sedan till grund för resultatanalysen. I en av filerna som skapas vid simuleringarna redovisas även för varje enskilt skott om det har träffat målet eller inte. Ett exempel på hur rutnätet ser ut ges i Figur 2, där radion beskjutits snett nedifrån. Rutnätet täcker hela målet och går igenom centrum av målet, varför en del av målet ligger hitom nätet och den andra delen bortom. Samma träffpunkter har sedan utnyttjats för simuleringarna där projektildiametern varierats för att inte få en variation i resultatet från varierande träffpunkter.

[*] AVAL (Assessment of Vulnerability And Lethality) är ett värderingsverktyg som marknadsförs av FMV.



Figur 2: Radion i ett av de rutmönster som använts för att skapa träffpunkter till simuleringarna. Rutnätet ses från beskjutningsriktningen.

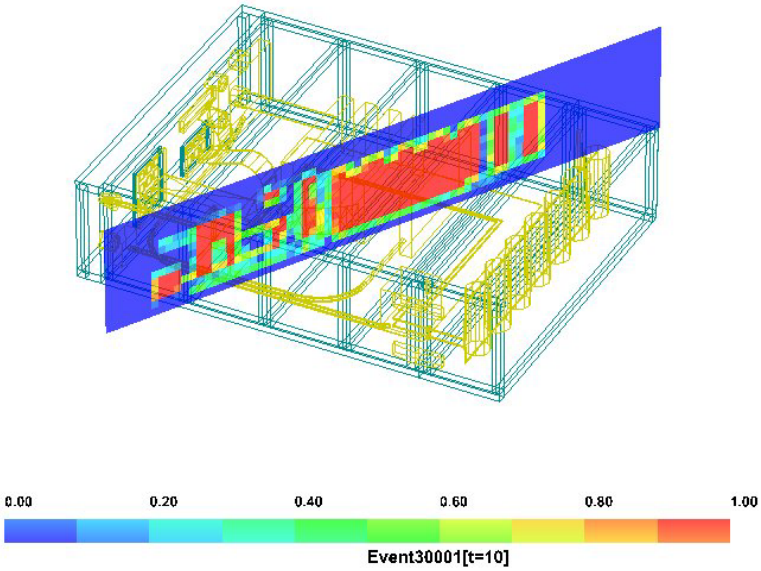
2.2 Resultatanalys

Resultaten ges direkt av AVAL som sannolikheten att radion gått sönder för varje simuleringsfall samt uppdelat för varje beräkningsruta, Figur 3. Dock ingår i dessa värden även de skott som missat målet och inte är relevanta. Därför måste man gå in i de mer detaljerade resultatfilerna och läsa av sannolikheten för varje simulerad ruta samt kontrollera hur många av skotten som har träffat respektive missat målet.

Utslagssannolikheten för en riktning har beräknats som medelvärdet av utslagssannolikhen för alla celler. Detta värde multipliceras sedan med det totala antalet skjutna skott i simuleringen och divideras med det antal skott som verkligen har träffat målet.

Ur dessa beräkningar kan man fastställa en matris med utslagssannolikheter som funktion av horisontell och vertikal vinkel. För att redovisa dessa värden grafiskt bör ett sfäriskt koordinatsystem användas men här har vinklarna, givet en enhetssfär med radien 1, räknats om till kartesiska koordinater för senare grafisk presentation.

Därefter måste ett utslagsvärde baserat på samtliga riktningar beräknas. Detta har utförts genom att beräkna ett medelvärde av alla riktningar, viktat med antalet träffar i respektive riktning.



Figur 3: Exempel på en resultatbild från AVAL. Den färgade rektangeln visar sannolikheten att radion gått sönder för varje ruta som simulerats. Resultaten redovisas i ett plan med rät vinkel mot angreppsriktningen

Då de datamängder som måste hanteras för dessa beräkningar är stora har ett separat MATLAB-program skrivits som läser in de aktuella filerna och beräknar önskade uppgifter.

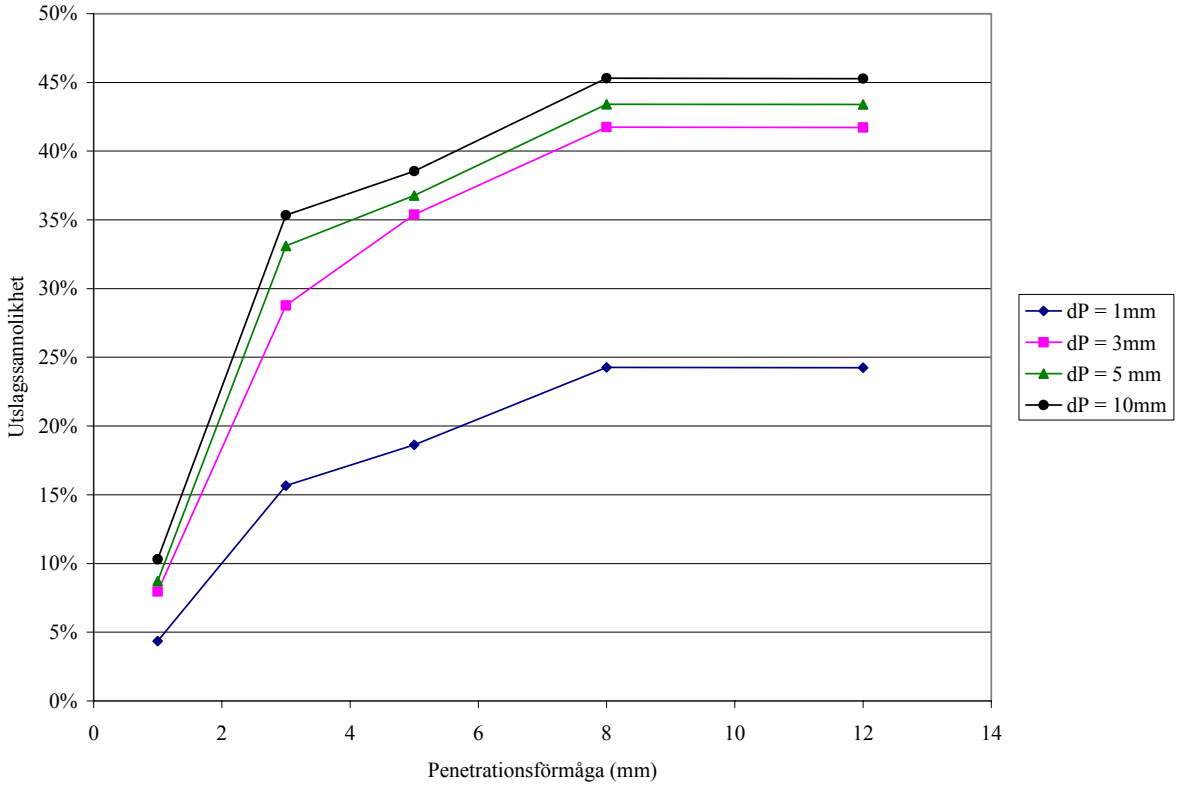
3 Resultat

Här redovisas en sammanställning och analys av simuleringsresultaten. I bilaga 3 redovisas det beräknade medelvärdet från varje genomförd simulering, både grafiskt och i tabellform.

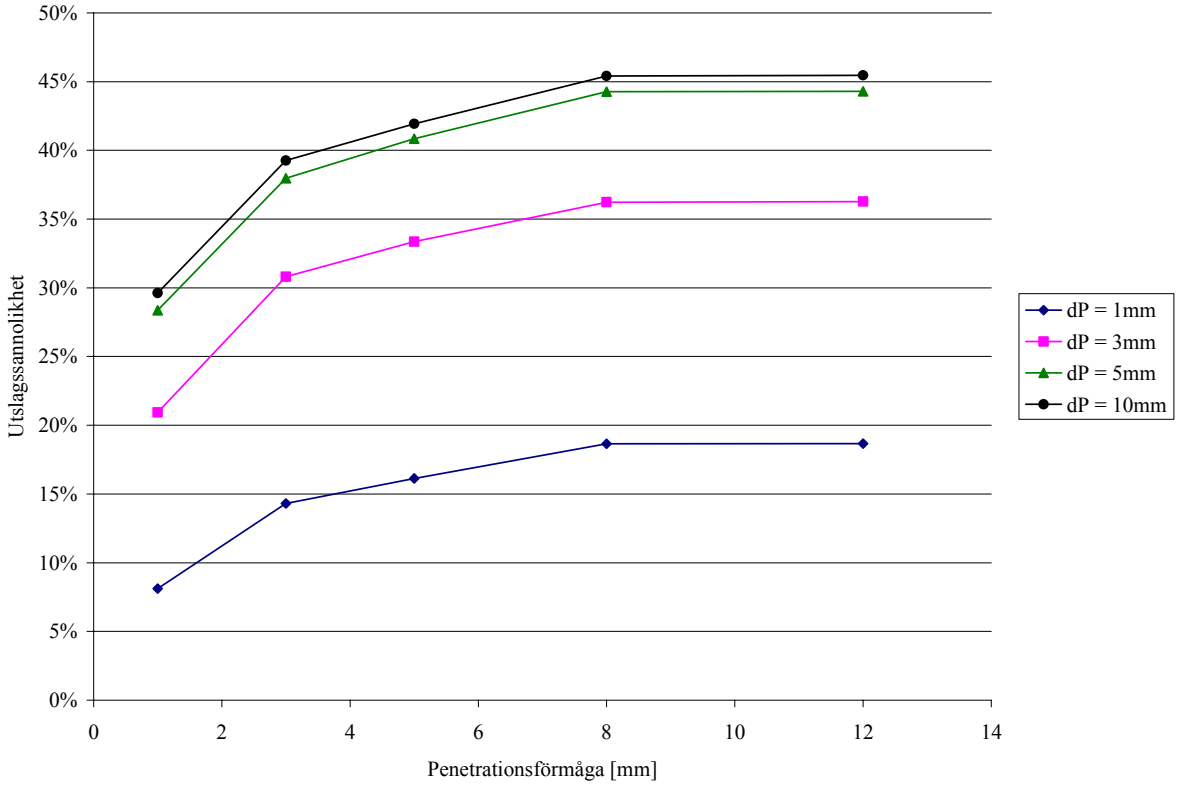
Figur 4 visar utslagssannolikheten vid beskjutning rakt framifrån som funktion av penetratorns penetrationsförmåga, i referensmaterialet handelsstål, för de fyra analyserade projektildiametrarna (dp). Utslagssannolikheten ökar tydligt med ökande penetrationsförmåga, vilket intuitivt känns rimligt, och går mot ett gränsvärde för tillräckligt stor penetrationsförmåga. Sannolikheten att målet slås ut är större för projektiler med större diameter, dock är skillnaden mellan de tre största projektilerna ganska liten.

Ett samlat resultat är positivt ur arbetets synpunkt då det skulle kunna utnyttjas för att ansätta utslagskriterier och vara giltigt för alla projektildiametrar. I Figur 4 ligger dock resultatet för den minsta penetratorn märkbart under de övriga och även små penetratorer är viktiga att hantera, speciellt då det kan förekomma sekundärsplitter och andra fragment.

Något större spridning i resultaten fås då resultaten för alla angreppsriktningar analyseras samtidigt, Figur 5. Här är det endast de två största projektilerna som ger i stort sett samma resultat, medan utslagssannolikheten för den största projektilen är ca. 3 gånger större än för den minsta vid samma penetrationsförmåga.



Figur 4: Sammanställning av utslagssannolikheter vid beskjutning rakt framifrån som funktion av penetrationsförmåga och projektildiameter (dP)

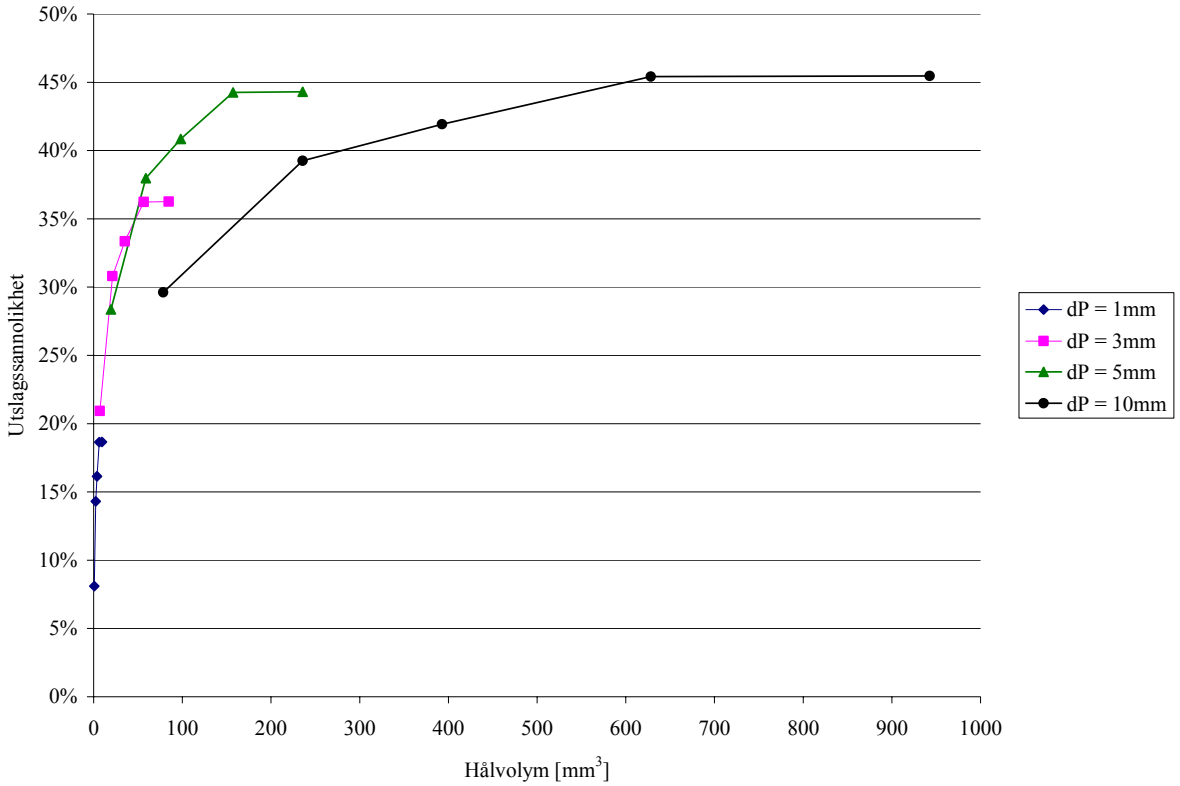


Figur 5: Sammanställning av utslagssannolikheter vid beskjutning från alla riktningar som funktion av penetrationsförmåga och projektildiameter (dP)

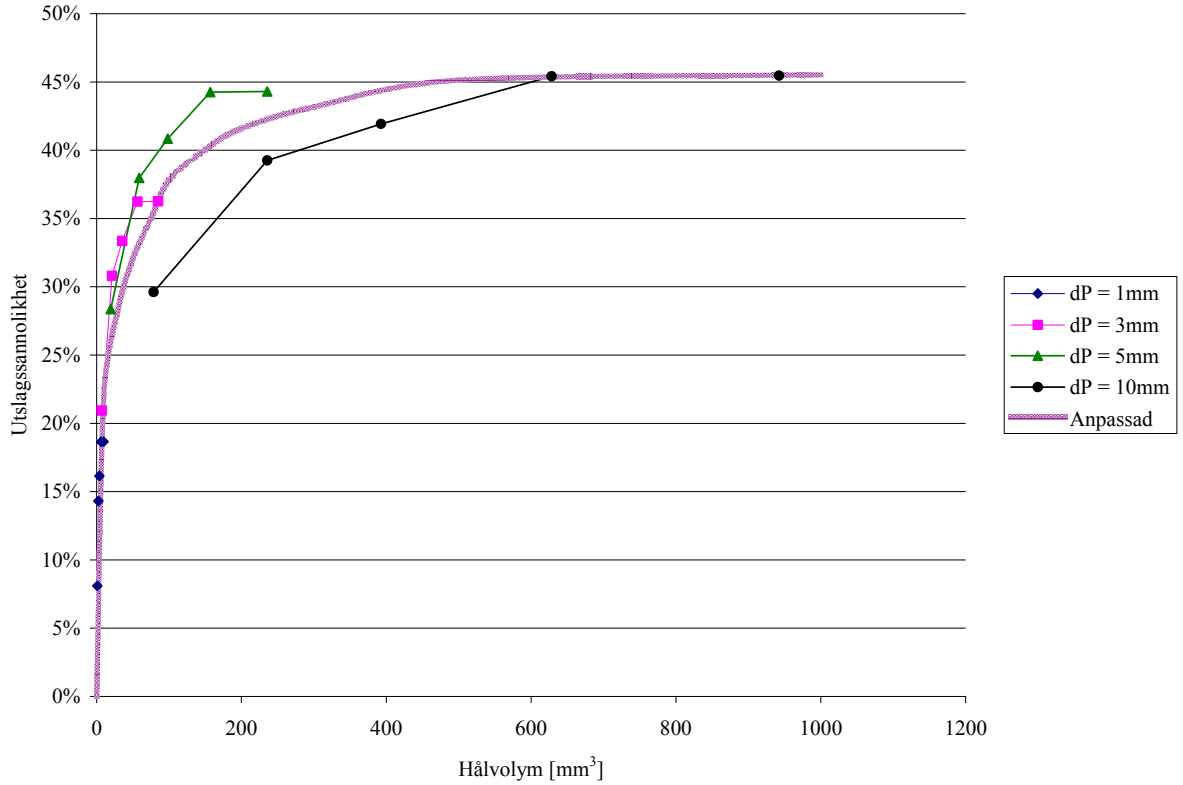
Att en liten projektil ger mindre skada än en stor vid samma penetrationsförmåga kan anses naturligt. Dock ger det problem vid ansättandet av utslagskriterier om inte både håldiameter och håldjup i målet kan hanteras samtidigt. I senare versioner av värderingsprogrammet AVAL har det införts en möjlighet att ange utslagskriterier som funktion av den hålvolym som skapats vid beskjutningen. Figur 6 visar hur utslagssannolikheten varierar med den skapade hålvolymen för respektive projektildiameter. Här ser man att en liten projektil kan ge högre skadesannolikhet än en större vid samma skapade hålstorlek i målet. Det har sin förklaring i att en liten projektil penetrerar djupare in i målet än en större vid samma hålvolym, och vid djupare penetration kan den träffa flera bakomliggande komponenter. Genom att den lilla projektilen har möjlighet att träffa flera komponenter kan den orsaka större skada.

I målbeskrivningen av radioapparaten har volymsberoende utslagskriterier använts, ty annars skulle utslagssannolikheten enbart vara beroende av vilken penetrationsförmåga projektilen har när den träffar komponenten. Utslagssannolikheten ökar med ökande projektildiameter, eftersom tvärsnittsarean på det hål som bildas ökar med kvadraten på projektildiametern.

Figur 6 visar att simuleringsresultaten är förhållandevis samlade då utslagssannolikheten redovisas som funktion av den skapade hålvolymen. Med hjälp av Figur 6 bör det gå att anpassa en kurva för utslagssannolikheten som överensstämmer någorlunda väl med simuleringsresultaten. Ett exempel på en sådan kurva redovisas i Figur 7, vilken skulle kunna utgöra underlag för att ansätta utslagskriterier för penetrationsskada till en låda (komponent) som ska motsvara den aktuella radioapparaten.



Figur 6: Utslagssannolikheten som funktion av skapad hålvolym i målet



Figur 7: Utslagssannolikhet som funktion av skapad hålvolym, kompletterad med en anpassad kurva.

4 Problem med metodiken

4.1 Line of sight

Man bör notera att ”line of sight” metodiken, med vilken man endast träffar komponenter på den oändligt smala linje som utgör penetratorns bana, kan orsaka problem. När komponenterna är mycket små bör man försöka ta hänsyn till penetratorns geometriska utsträckning då den i vissa fall kan träffa flera intilliggande komponenter. I denna första studie har detta dock inte beaktats.

4.2 Antal träffade delkomponenter

När man studerar utslagssannolikheten som funktion av den uppkomna hålvolymen måste man ha i åtanke att en penetrator som orsakar ett smalt hål penetrerar djupare då den skapar samma hålvolym som en grövre penetrator. Detta medför att den smala penetratorn kan passera igenom komponenter och träffa flera bakomliggande komponenter än den grova, vilket kan resultera i olika utslagssannolikheter.

4.3 Tidsåtgång

Att skapa alla simuleringsfall tar mycket tid och kräver en stor insats av monotont arbete. Om den här undersökta metodiken ska utnyttjas i större omfattning behövs någon slags automatisk generering av simuleringsfallen, helst genom en egen funktion i AVAL.

För varje ansatt håldiameter tar simuleringarna för de olika penetrationsförmågorna ca 4 timmar. Kombinerat med 4 olika håldiametrar ger det en total simuleringstid på ca 16 timmar.

Den efterföljande analysen av resultatfilerna som AVAL skapar tar ytterligare ca 4 timmar. Total analyserades ca 5 Gb data i detta fall.

Utöver de rena simulerings- och analystiderna åtgår tid för mål- och stidsdelsbeskrivning samt för att skriva analysprogrammet.

4.4 Verkligheten

Det är tyvärr mycket svårt att göra en uppskattning av relevansen i de utslagssannolikheter man får fram ur ett arbete som detta. Jämförelse med experimentellt underlag är önskvärt, men med tanke på de variationer som skapat de olika simuleringsfallen framgår tydligt hur svår och framförallt kostsam en utförlig experimentell undersökning kan bli.

4.5 Kvalitetsjämnhet

Alla komponenter i en målbeskrivning bör vara beskrivna med ungefär samma ”kvalitet” för att resultaten ska bli lättare att tolka.

4.6 Behov

Det är inte helt självklart vilken inverkan utslagskrierierna har på slutresultatet. Troligen är det så att man i många fall ligger långt över eller under de angivna påverkansnivåerna i kriterielistan. Då kriterierna baseras på skapad hålvolym istället för enbart penetrationsförmåga ökar antagligen värdet av rätt ansatta utslagskriterier.

5 Behov av fortsatt arbete och andra metoder

I detta arbete har ett första steg tagits mot en metodik för att ansätta utslagskriterier för penetrationspåverkan på komponenter. Emellertid behövs mer arbetet innan en metodik kan fastslås.

5.1 Variation av ansatta utslagskriterier

För att få en känsla för hur känslig metoden är för de i grunden ansatta utslagskriterierna bör arbetet göras om med variationer på kriterierna.

5.2 Utslagssannolikheten som funktion av hålvolym vid skalning av komponenten

Det bör utredas hur utslagssannolikheten varierar om man ändrar storleken på komponenten och behåller andra värden, för att få underlag för att sätta kriterier relaterade till absolut volym eller relativ volym.

5.3 Volym av vitala komponenter i den studerade komponenten

Ett helt annat sätt kan vara att studera hur stor del av volymen hos komponenten som verkligen är sårbar och utnyttja detta för att ansätta skadekriterier för komponenten.

5.4 Typ av komponenter

Det är inte självklart att den föreslagna metodiken är lämplig för alla sorters komponenter. För mer homogena komponenter kan det vara resursslöseri att utföra allt detta arbete vilket medför att det behövs rutiner för att bestämma när metodiken ska utnyttjas och när den inte behövs.

5.5 Metodik för att hitta och ansätta utslagskriterier för andra påkänningar

Metodiker för att ansätta utslagskriterier för de andra fenomen som behandlas i verkansvärderingssammanhang, t.ex. värme och tryck, behöver också utvecklas.

6 Slutsatser

Att utslagssannolikheten inte blir större än ca 45% vid beskjutning av radion kan tyckas vara ett lågt värde. Troligtvis blir värdet så lågt då en stor del av radion består av tomrum, antagligen en betydligt större del än vad en riktig radioapparat har.

Då simuleringsresultaten glädjande nog visar att det (i det här fallet) är möjligt att anpassa en kurva för utslagssannolikhet som funktion av skapad hålvolym i målet förefaller den använda metodiken vara användbar. Ett antal problem med metodiken har identifierats, varav några tyvärr förefaller svåra att hantera, speciellt det allra vikigaste, nämligen - kopplingen till verkligheten.

Att arbeta enligt den här utnyttjade metodiken,

1. skapa en detaljerad målbeskrivning
2. skapa en simulatorstridsdel som är lätt att variera med hänsyn till penetrationsförmåga och skapad håldiameter
3. definiera simuleringsfall (cases enligt AVALs terminologi) så att simuleringarna täcker hela målet från alla riktningar
4. kör simuleringarna
5. analysera resultaten
6. ta fram en kurva för utslagssannolikhet för hela målet som funktion av den skapade hålvolymen i målet,

är arbetsamt och tidskrävande men rättframt och enkelt. Det finns dock stora möjligheter att göra fel i hanteringen av alla simulerings- och resultatfiler samt ändringar av stridsdelsdata.

Innan metodiken börjar användas på allvar bör de simuleringar som genomförts i denna första studie köras om med flera olika variationer av data för målet, framförallt gällande de ansatta utslagskriterierna, för att få en uppfattning om känsligheten för ansatta grunddata och den geometriska beskrivningen av målet.

7 Referenser

1 A. Tyrberg och R. Amiree, Penetrationskriterier för människan i AVAL baserade på simuleringar i ComputerMan, FOI-RH--0262--SE December 2003

2 http://www.rigpix.com/military/ra180.htm 2005-08-09

Bilaga 1: Beskrivningen av radioapparaten

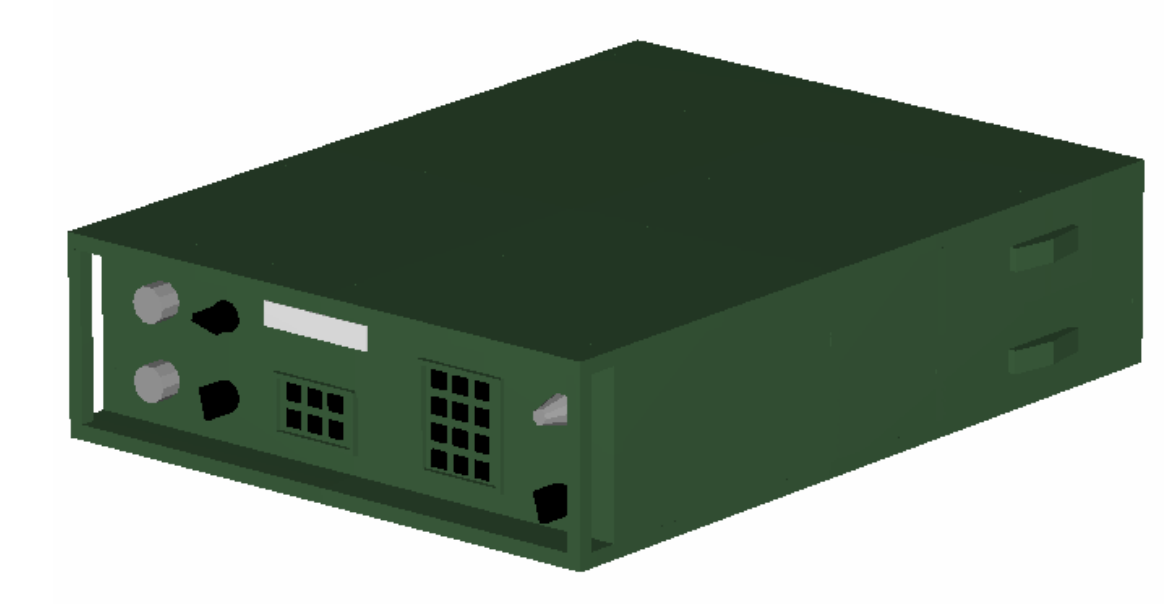
I denna bilaga ges vissa data och antaganden som ansatts i beskrivningen av radioapparaten.

Inledning

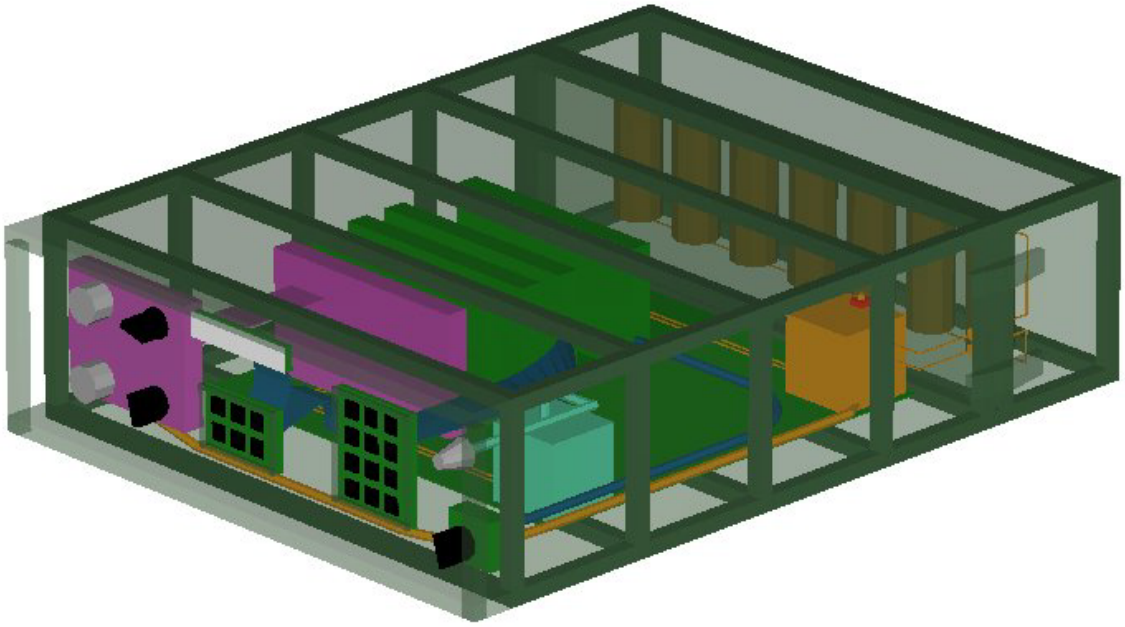
En målbeskrivning av en generisk radioapparat har framställts, till vilken ett antal antagna skadekriterier för penetration har ansatts. Radion har en framsida som liknar RA180, men dimensionerna och innehållet i radion är inte korrelerade med någon förekommande apparat. Felträdet ger i sin enklaste form svar på frågan om radion är trasig eller inte. För att radion ska klassas som trasig räcker det med att någon av de så kallade vitala komponenterna slås ut. Det finns dock möjligheter att förfina felträdet för att ta hänsyn till att radion inte nödvändigtvis är obrukbar bara för att någon enstaka funktion är utslagen.

Geometrisk beskrivning

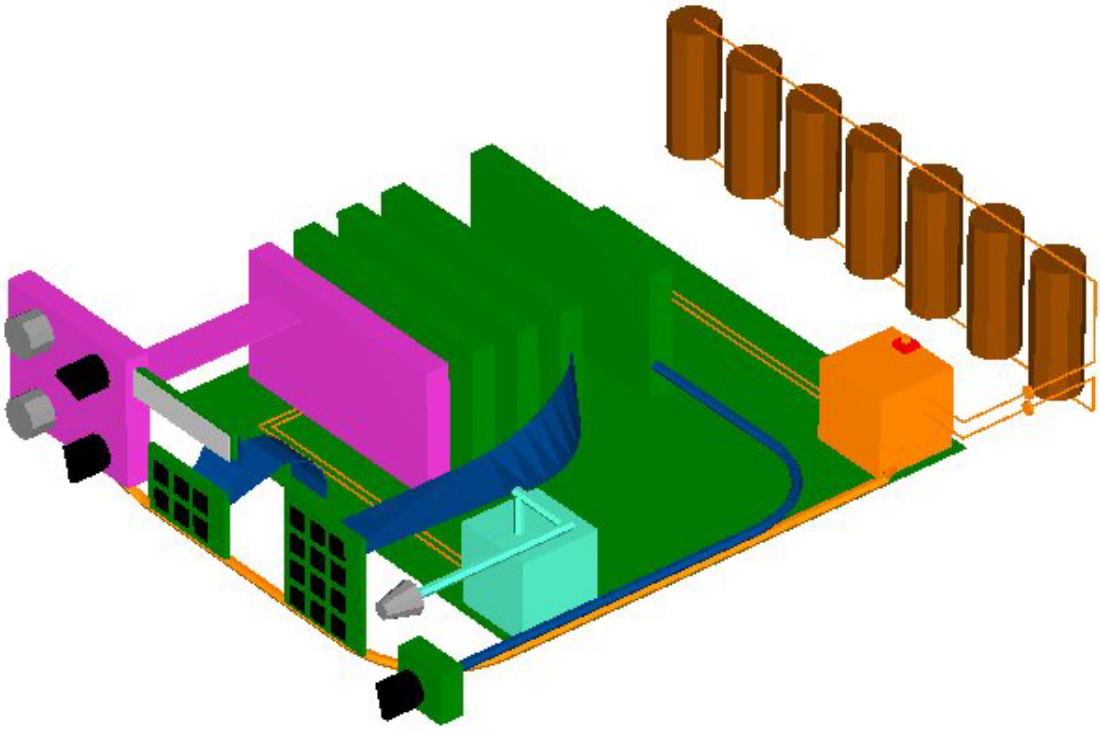
Den geometriska beskrivningen redovisas nedan i form av ett antal bilder.



Figur 8: Generisk radio



Figur 9: Radion med genomskinligt skal



Figur 10: Radions vitaldelar

Ingående filer

I beskrivningen av radioapparaten ingår följande filer, vilka alla redovisas i filen radio.trg:

```
'C:\A51\Target\Components\Radio\Skal.otg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Säkringshållare.otg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Förstärkningar.otg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Materialdata.mtl'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Anslutningar.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Antenanläggning.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Batteri.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Display.vtg´
'C:\A51\Target\Components\Radio\Hörtelefonenhet.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Kablage.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Knappar.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Kretskort.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Skal.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Strömförsörjning.vtg'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Penetrationskriterier.pnc'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Felträd.syc'
'C:\A51\Target\Components\Radio\Lagerfärger.lay'
```

Ansatta utslagskriterier

Nedan redovisas de utslagskriterier som använts för radioapparaten i de genomförda simuleringarna, genom avskrivning av delar ur filen penetrationskriterier.pnc:

```
101  'Små elektronikdetaljer'            ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
2
0                    0
2e-009               1
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
!
102  'Något större elektronikdetaljer'  ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
2
1e-009               0
8e-009               0.9
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
!
103  'Batterier'  ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
2
0                    0
1e-8                 1
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
!
104  'Kretskort'  ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
3
0                    0
1e-9                 0.5
4e-9                 1
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
!
105  'Transformator, antennförstärkare'  ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
2
4e-9                 0.05
```

```
6e-8                    0.9
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
!
106  'Batterilås'  ! Penetration damage criterion # and name
! Data for Penetration volume and Pu.
2
1e-8                    0.05
1e-4                    0.5
1   ! Volume dependency (0=relative,1=absolute)
```

Materialdata

De ansatta värdena på materialen är inte genomarbetade. Det värde som spelar störst roll är densiteten, då alla skyddsfaktorer är satta till 1. Den information som redovisas nedan är delar av filen Materialdata.mtl.

```
1                           ! Material type 1, Metall
7850.0                      ! Density
21.0e+10                    ! E-modulus
1000.0e+06                  ! Yield stress
0.30                        ! Poisson's ratio

2                           ! Material type 2, Gummi
2000.0                      ! Density
10.0e+10                    ! E-modulus
1000.0e+06                  ! Yield stress
0.30                        ! Poisson's ratio

3                           ! Material type 3, Glas
3000.0                      ! Density
10.0e+10                    ! E-modulus
1000.0e+06                  ! Yield stress
0.30                        ! Poisson's ratio

4                           ! Material type 4, Kablage
6000.0                      ! Density
0.1e+9                      ! E-modulus
0.0e+06                     ! Yield stress
0.2                         ! Poisson's ratio

5                           ! Material type 5, Batteri
8000.0                      ! Density
21.0e+10                    ! E-modulus
1000.0e+06                  ! Yield stress
0.30                        ! Poisson's ratio

6                           ! Material type 6, Kretskort
2000.0                      ! Density
21.0e+10                    ! E-modulus
1000.0e+06                  ! Yield stress
0.30                        ! Poisson's ratio
```

Bilaga 2: Penetrator

I simuleringarna används en penetrator (stridsdel) med egenskaper som lätt kan varieras, för att man ur resultaten ska kunna tolka utslagssannolikheten som funktion av penetrationsförmågan och den skapade håldiametern (d.v.s. penetratorns förmåga att skapa hålvolym i komponenter)

De anslagshastigheter och skapade håldiametrar (projektildiametrar) har studerats redovisas i Tabell 1.

Tabell 1: Ansatta värden för penetratorn

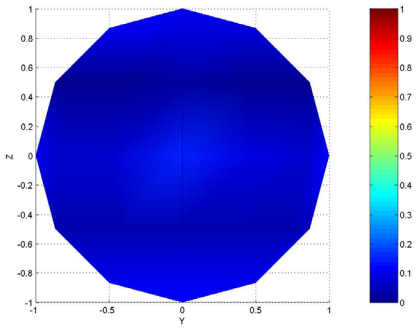
Anslagshastighet	Motsvarande penetrationsförmåga i referensmaterialet handelsstål.	Håldiameter som skapas av penetratorn*			
100 m/s	1 mm	1 mm	3 mm	5 mm	10 mm
300 m/s	3 mm	1 mm	3 mm	5 mm	10 mm
500 m/s	5 mm	1 mm	3 mm	5 mm	10 mm
800 m/s	8 mm	1 mm	3 mm	5 mm	10 mm
1200 m/s	12 mm	1 mm	3 mm	5 mm	10 mm

* varierades manuellt mellan de olika simuleringsfallen.

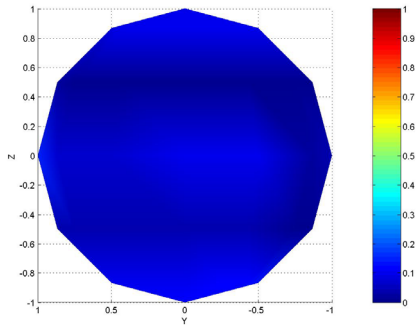
Bilaga 3: Sammanställning av simuleringsresultat

I denna bilaga redovisas samtliga simuleringsresultat, formaterat enligt mallen i Tabell 2. I redovisningen ingår fyra figurer som redovisar de siffror som även återfinns i tabellform i tabellen märkt Pk. Det viktade medelvärdet för hela simuleringsfallet återfinns som PK.

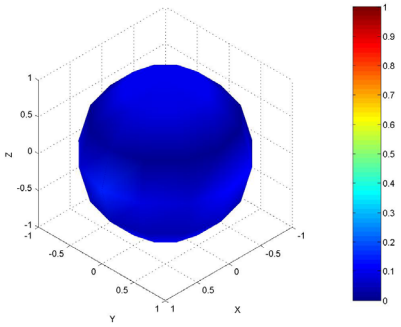
Tabell 2: Mall för reultatredovisningen



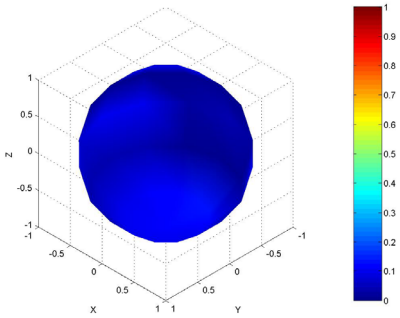
Figur 11: Den övre vänstra figuren redovisar utslagssannolikheten i en halvsfär sedd rakt framifrån



Figur 12: Den övre högra figuren redovisar utslagssannolikheten i en halvsfär sedd rakt bakifrån



Figur 13: Den nedre vänstra figuren redovisar utslagssannolikheten i en halvsfär sedd snett ovanifrån



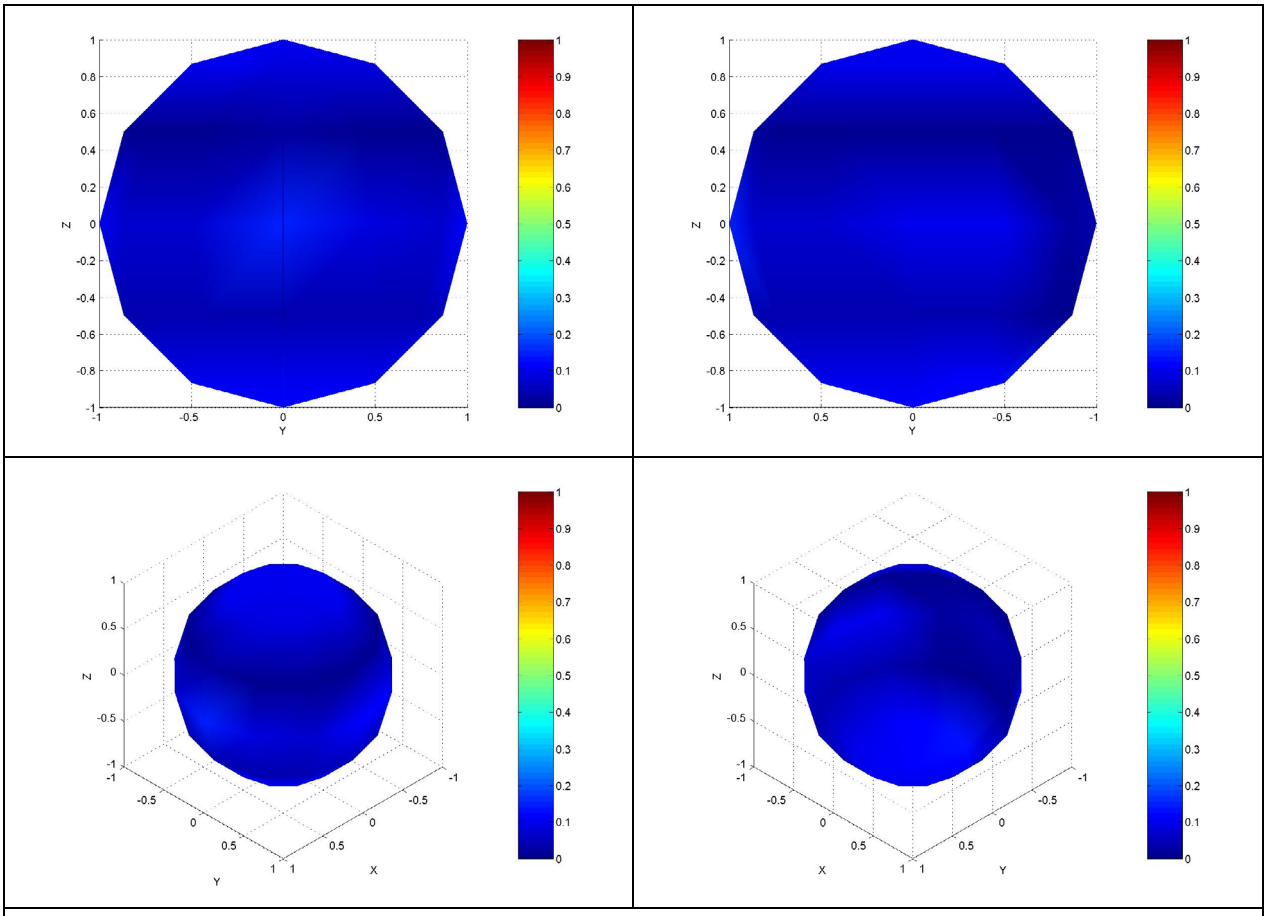
Figur 14: Den nedre högra figuren redovisar utslagssannolikheten i en halvsfär sedd snett nedifrån

PK **medelvärde**

Pk

Horisontalvinkel \ Vertikalvinkel	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
30°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
60°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
90°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
120°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
150°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
180°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
210°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
240°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
270°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
300°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
330°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra
360°	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra	siffra

Tabell 3: Resultatsammanställning för fallet 1 mm penetrationsförmåga, 1 mm diameter

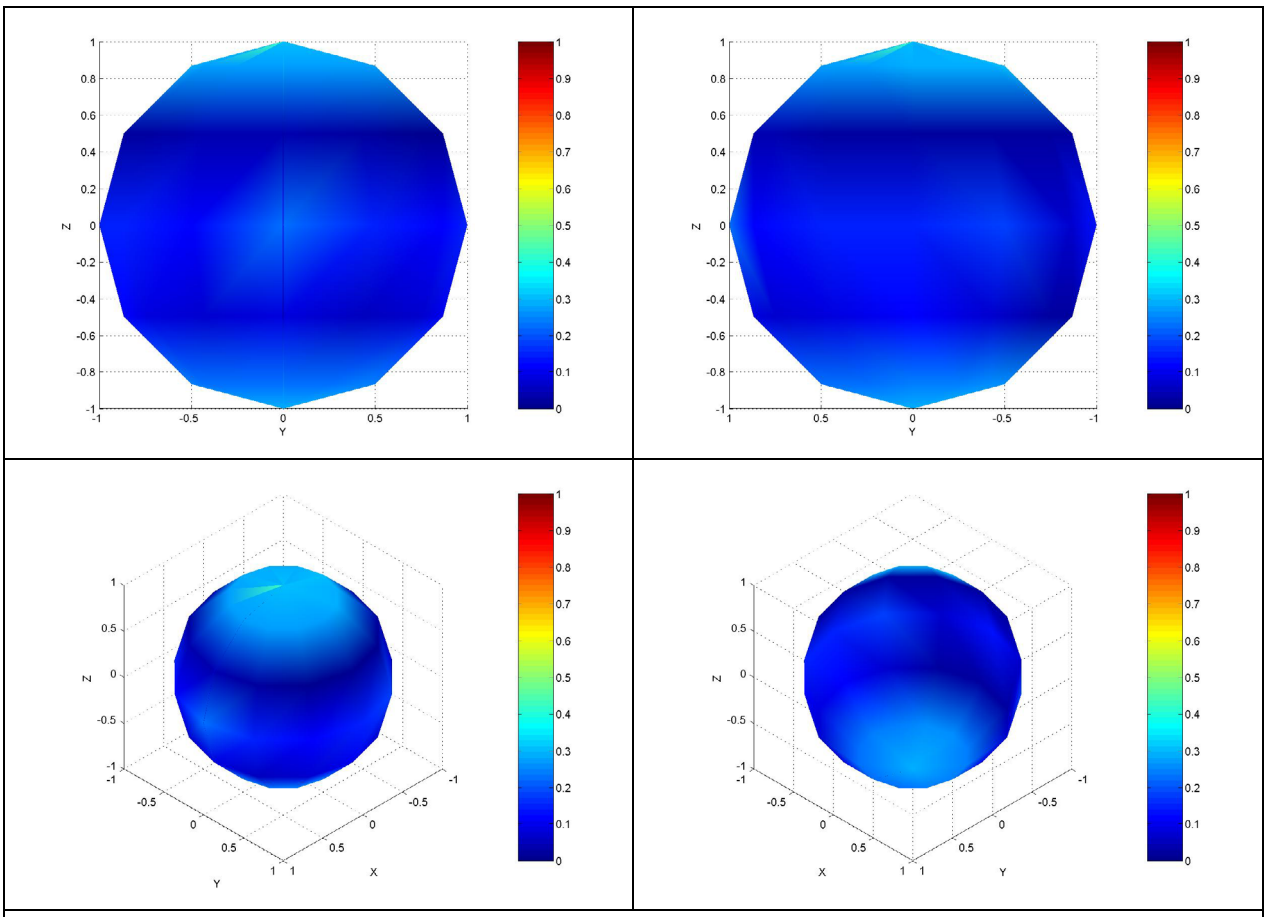


PK 0,0811

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,1141	0,0996	0,0435	0,1492	0,0187	0,0923	0,1021
30°	0,1148	0,0974	0,0313	0,0798	0,0123	0,09	0,1009
60°	0,1167	0,0988	0,0371	0,074	0,0039	0,0873	0,1004
90°	0,1153	0,0989	0,0609	0,1168	0,0075	0,0901	0,1028
120°	0,1134	0,1113	0,0426	0,1235	0,0068	0,0974	0,0998
150°	0,1132	0,1269	0,0053	0,0177	0,0031	0,1032	0,099
180°	0,1138	0,1373	0,0046	0,0328	0,0038	0,1072	0,0989
210°	0,1146	0,1243	0,0086	0,019	0,003	0,1051	0,1006
240°	0,1148	0,1134	0,0355	0,0979	0,0127	0,1041	0,0997
270°	0,1154	0,0991	0,0412	0,1004	0,0108	0,0962	0,1021
300°	0,1153	0,0988	0,0386	0,0631	0,0137	0,0949	0,1023
330°	0,1142	0,0955	0,0346	0,0726	0,0153	0,0949	0,1011
360°	0,1141	0,0996	0,0435	0,1492	0,0187	0,0923	0,1021

Tabell 4: Resultatsammanställning för fallet 1 mm penetrationsförmåga, 3 mm diameter

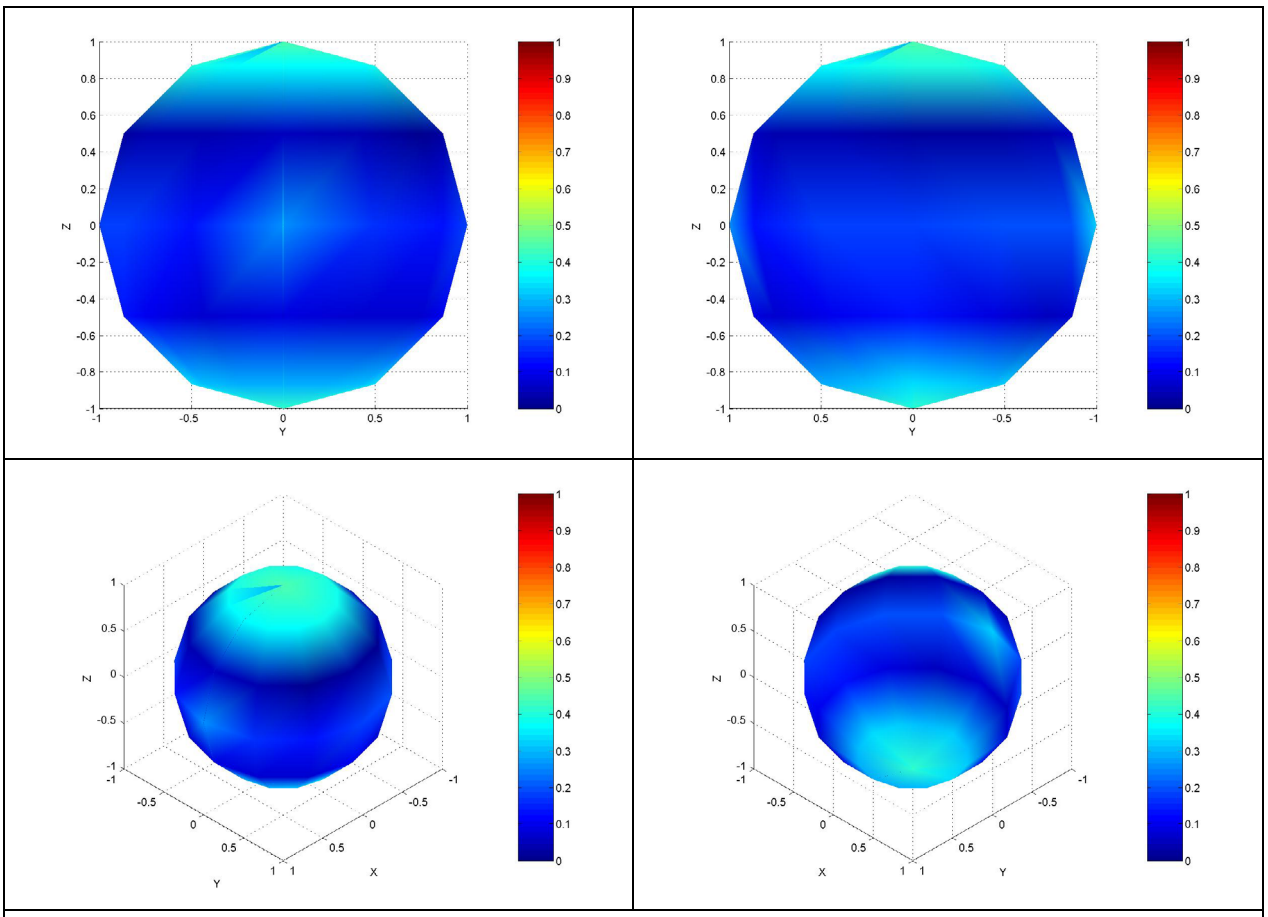


PK 0,2094

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,2898	0,2324	0,0796	0,2284	0,0432	0,277	0,2971
30°	0,2896	0,2261	0,0603	0,1428	0,0297	0,271	0,297
60°	0,2914	0,2355	0,0655	0,1208	0,0101	0,2714	0,2981
90°	0,2891	0,2442	0,0984	0,1531	0,0114	0,2764	0,2978
120°	0,2905	0,2446	0,0695	0,1728	0,0112	0,2851	0,3
150°	0,2887	0,2495	0,0231	0,0726	0,0161	0,2901	0,2971
180°	0,2886	0,2615	0,0255	0,1278	0,0228	0,3037	0,2981
210°	0,2882	0,2507	0,0299	0,0775	0,0165	0,2917	0,2964
240°	0,2895	0,2492	0,0696	0,1791	0,0238	0,2891	0,2989
270°	0,2873	0,2499	0,1163	0,1428	0,021	0,2825	0,2957
300°	0,29	0,2342	0,0849	0,1471	0,0281	0,2788	0,2998
330°	0,2899	0,2277	0,0681	0,1249	0,0336	0,2748	0,431
360°	0,2898	0,2324	0,0796	0,2284	0,0432	0,277	0,2971

Tabell 5: Resultatsammanställning för fallet 1 mm penetrationsförmåga, 5 mm diameter

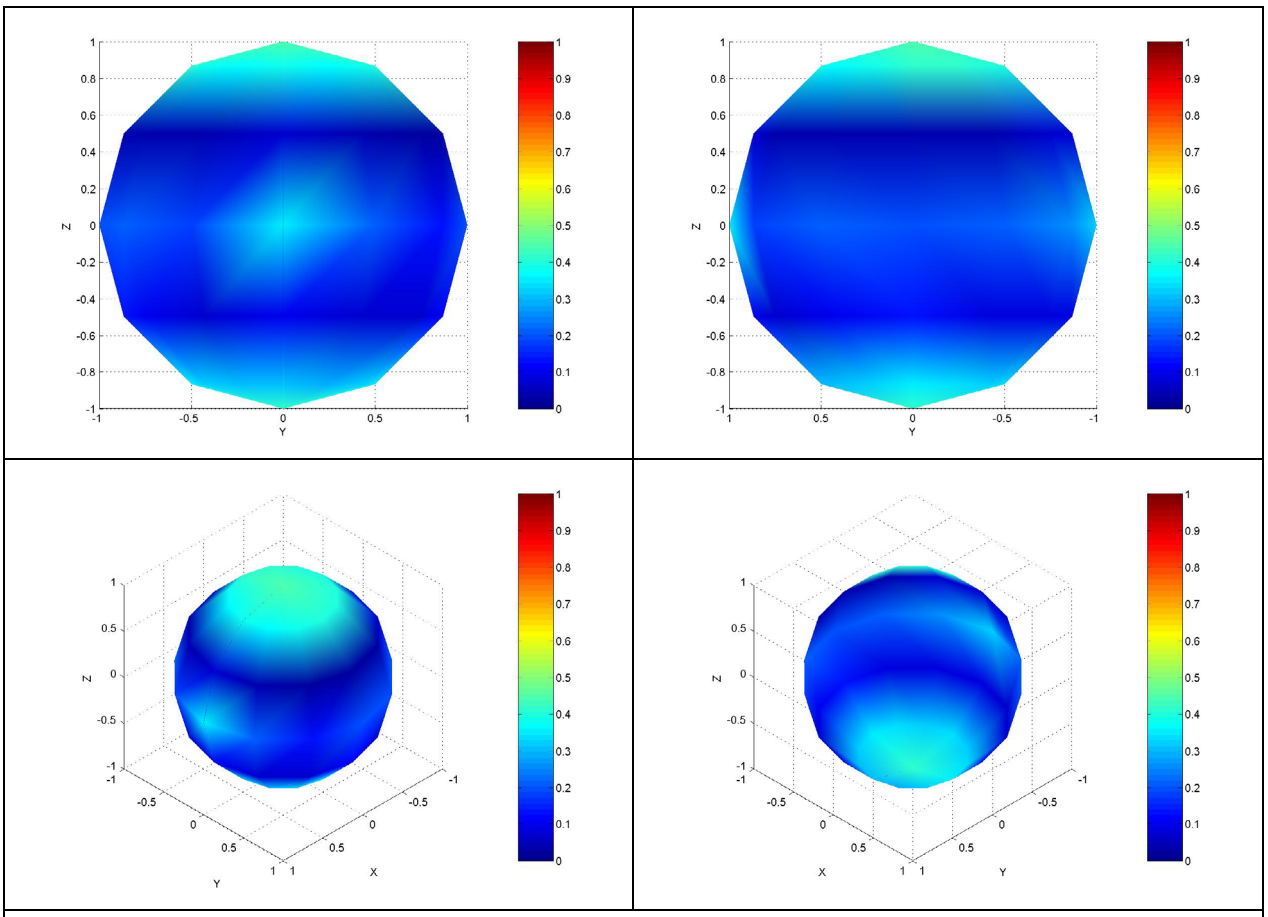


PK 0,2837

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4079	0,2935	0,0872	0,2548	0,0501	0,37	0,4414
30°	0,4078	0,2862	0,0658	0,1581	0,0364	0,3604	0,4404
60°	0,4097	0,3073	0,0693	0,1348	0,0144	0,3716	0,4426
90°	0,4054	0,3313	0,1058	0,1807	0,0166	0,3905	0,4399
120°	0,4083	0,3178	0,0735	0,1885	0,0143	0,3874	0,4424
150°	0,4091	0,3057	0,0517	0,1794	0,042	0,3809	0,4406
180°	0,4073	0,3154	0,0711	0,3126	0,0618	0,396	0,4411
210°	0,4089	0,3094	0,0602	0,1927	0,0417	0,3829	0,4417
240°	0,4073	0,3239	0,0786	0,1971	0,0306	0,3942	0,4411
270°	0,4053	0,3408	0,1267	0,1761	0,0263	0,3961	0,4376
300°	0,4088	0,3078	0,0939	0,1831	0,0345	0,3786	0,4424
330°	0,4079	0,2874	0,0746	0,138	0,0395	0,3613	0,2965
360°	0,4079	0,2935	0,0872	0,2548	0,0501	0,37	0,4414

Tabell 6: Resultatsammanställning för fallet 1 mm penetrationsförmåga, 10 mm diameter

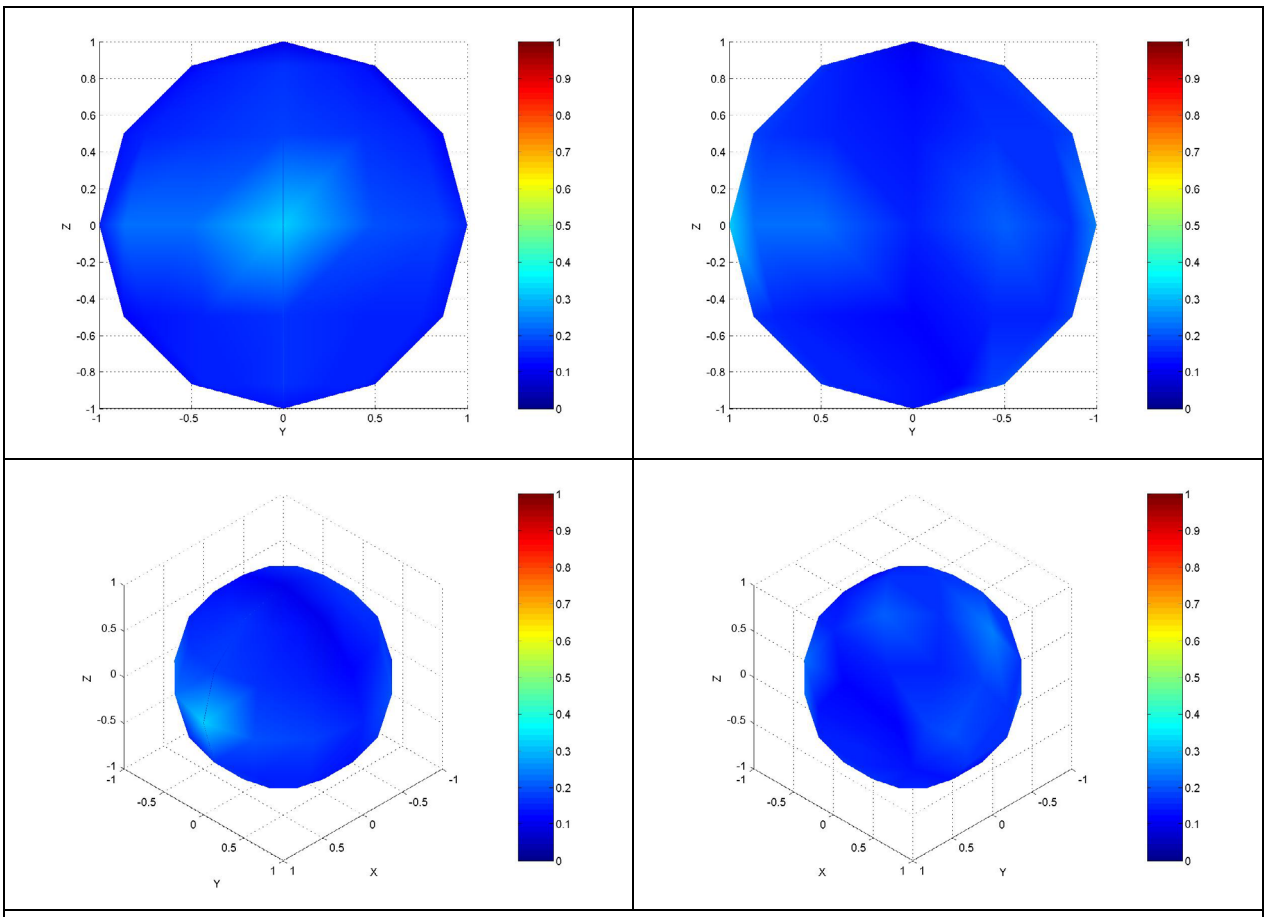


PK 0,2962

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4175	0,3028	0,103	0,3582	0,0657	0,3777	0,445
30°	0,4186	0,2965	0,0677	0,2103	0,0377	0,3684	0,4442
60°	0,4194	0,3224	0,0719	0,1397	0,0158	0,3821	0,446
90°	0,4155	0,3485	0,1103	0,1932	0,019	0,401	0,4432
120°	0,4182	0,335	0,0765	0,198	0,0172	0,3995	0,446
150°	0,4188	0,3202	0,0777	0,2169	0,064	0,391	0,4447
180°	0,4178	0,3288	0,0874	0,3227	0,076	0,4053	0,4447
210°	0,4186	0,3233	0,0883	0,2605	0,0663	0,3931	0,4451
240°	0,4176	0,3403	0,0885	0,2118	0,0403	0,4064	0,4446
270°	0,4154	0,3564	0,1298	0,195	0,0314	0,4068	0,4414
300°	0,419	0,3214	0,0976	0,2051	0,037	0,3896	0,4458
330°	0,4183	0,2985	0,0769	0,1729	0,041	0,3689	0,4414
360°	0,4175	0,3028	0,103	0,3582	0,0657	0,3777	0,445

Tabell 7: Resultatsammanställning för fallet 3 mm penetrationsförmåga, 1 mm diameter

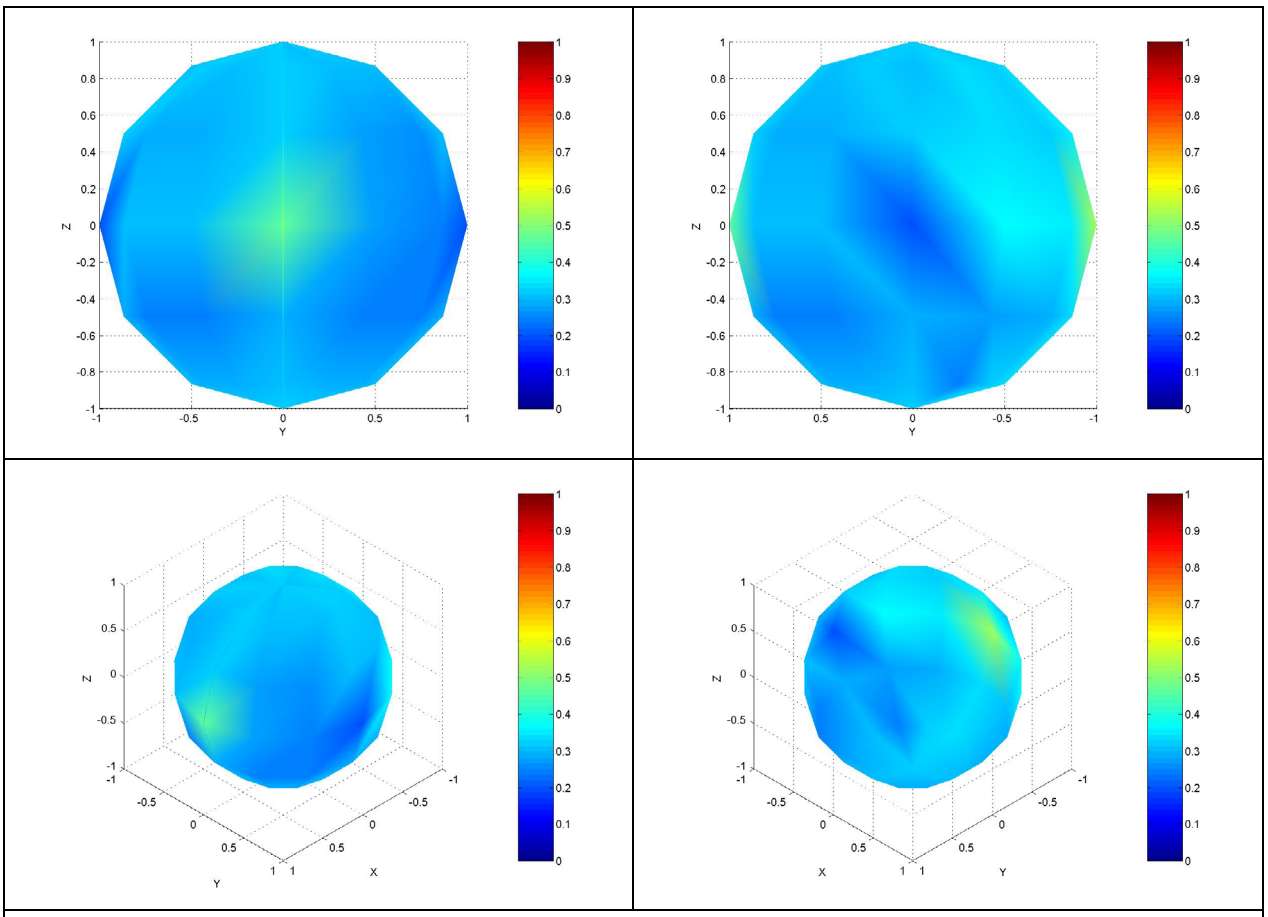


PK 0,1431

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,1352	0,1603	0,1567	0,3156	0,1797	0,1633	0,105
30°	0,1374	0,151	0,1493	0,1898	0,1574	0,1516	0,1056
60°	0,1381	0,1463	0,1464	0,1731	0,1413	0,1296	0,1059
90°	0,1393	0,1369	0,1335	0,1458	0,1131	0,1052	0,1053
120°	0,1357	0,1619	0,1716	0,1991	0,1552	0,1412	0,1046
150°	0,1355	0,1742	0,1688	0,1697	0,1603	0,1592	0,1018
180°	0,1369	0,1914	0,1729	0,2369	0,1802	0,1684	0,1033
210°	0,1362	0,1732	0,1545	0,157	0,1633	0,1586	0,1026
240°	0,1385	0,1134	0,1507	0,2124	0,1648	0,1453	0,104
270°	0,1358	0,1265	0,125	0,1461	0,1349	0,1142	0,105
300°	0,1361	0,1409	0,1383	0,2285	0,1554	0,1348	0,1059
330°	0,1364	0,1532	0,1436	0,2211	0,1619	0,1556	0,1029
360°	0,1352	0,1603	0,1567	0,3156	0,1797	0,1633	0,105

Tabell 8: Resultatsammanställning för fallet 3 mm penetrationsförmåga, 3 mm diameter

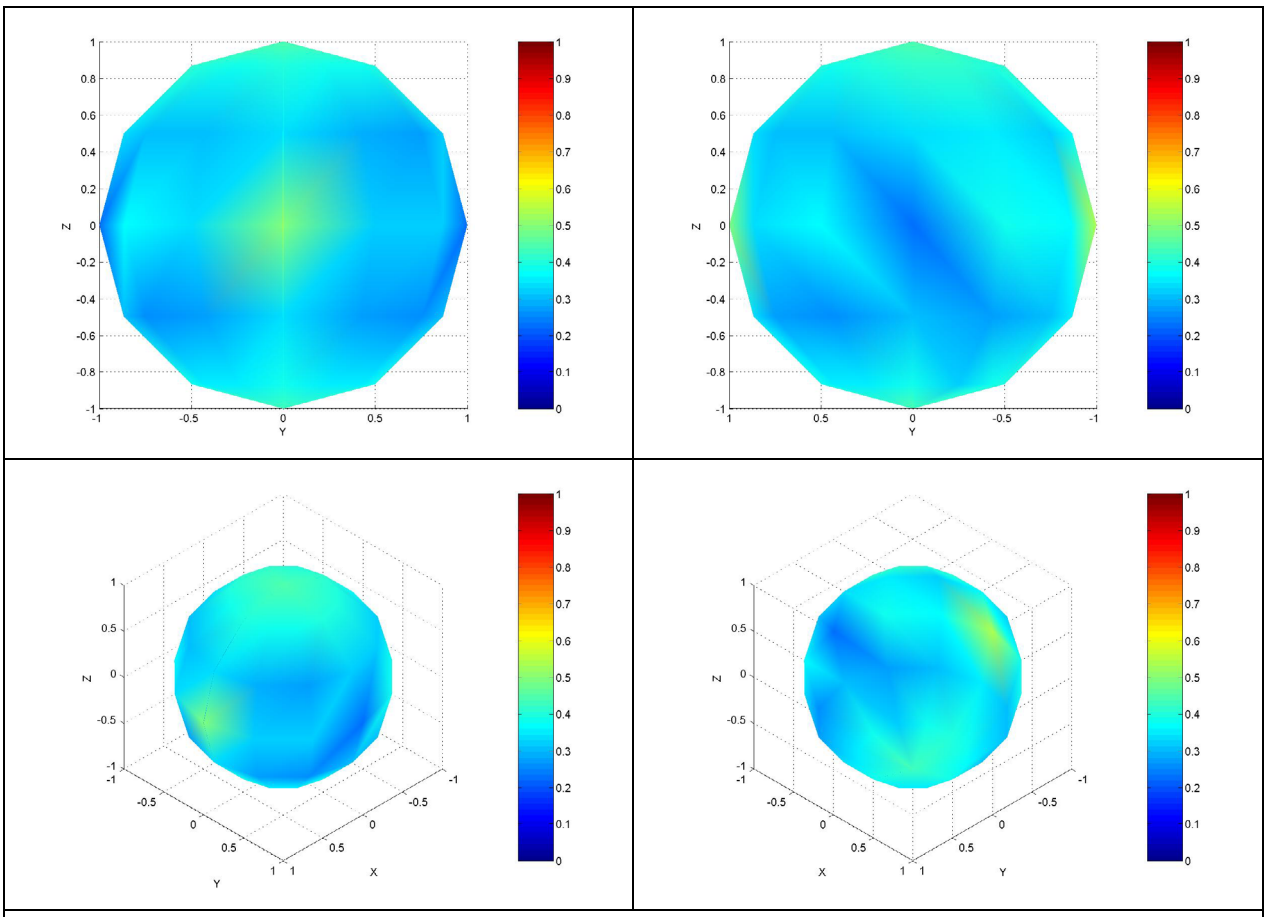


PK 0,308

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,3213	0,306	0,2877	0,4676	0,3167	0,3225	0,3142
30°	0,3202	0,2875	0,2387	0,276	0,2712	0,309	0,3115
60°	0,322	0,2927	0,2489	0,2475	0,2656	0,3102	0,3162
90°	0,3208	0,3052	0,2861	0,1962	0,3059	0,3088	0,3138
120°	0,3209	0,3093	0,2853	0,3746	0,3074	0,3266	0,3146
150°	0,3196	0,3215	0,2982	0,3683	0,311	0,3266	0,3135
180°	0,3183	0,3428	0,3342	0,527	0,3515	0,339	0,3114
210°	0,3211	0,3228	0,2868	0,3515	0,3133	0,3241	0,312
240°	0,3224	0,2492	0,2682	0,3676	0,3297	0,3293	0,313
270°	0,3223	0,3024	0,283	0,1983	0,3188	0,3122	0,3158
300°	0,3214	0,2891	0,2376	0,3111	0,2915	0,3177	0,3171
330°	0,3196	0,29	0,2367	0,309	0,2841	0,31	0,3141
360°	0,3213	0,306	0,2877	0,4676	0,3167	0,3225	0,3142

Tabell 9: Resultatsammanställning för fallet 3 mm penetrationsförmåga, 5 mm diameter

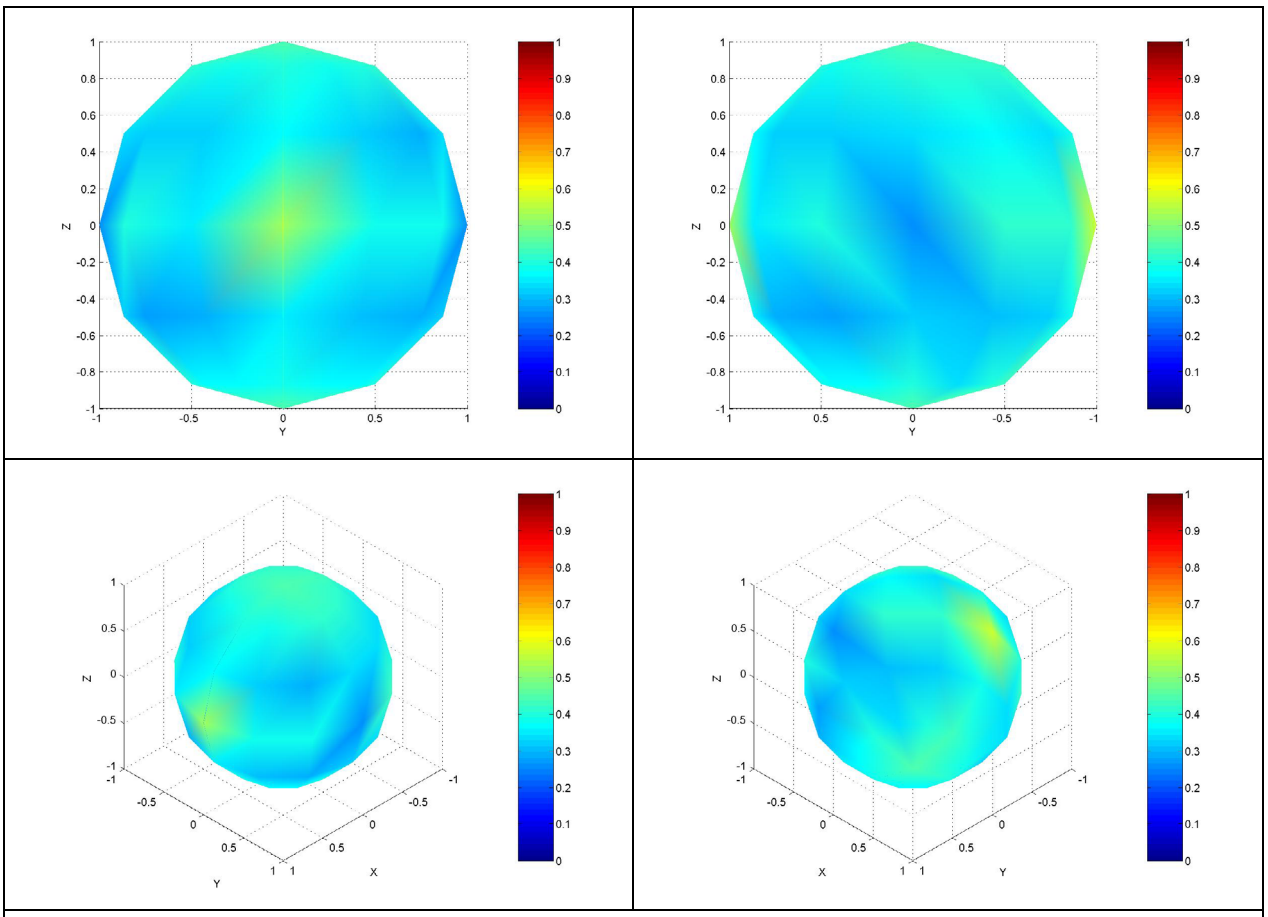


PK 0,3797

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4346	0,3756	0,331	0,4896	0,3382	0,397	0,4438
30°	0,4361	0,3465	0,2788	0,3196	0,2913	0,3763	0,4434
60°	0,4371	0,3559	0,2649	0,3131	0,2793	0,3889	0,4446
90°	0,4337	0,3847	0,3081	0,2206	0,323	0,4054	0,4426
120°	0,4353	0,3731	0,3003	0,3887	0,3211	0,4054	0,4451
150°	0,4351	0,3786	0,3085	0,3754	0,3187	0,3976	0,4437
180°	0,4358	0,405	0,3476	0,5335	0,3619	0,4138	0,4436
210°	0,436	0,3817	0,2971	0,3625	0,3235	0,3981	0,4441
240°	0,436	0,3239	0,2809	0,3789	0,3453	0,4094	0,4438
270°	0,4376	0,3838	0,2999	0,225	0,335	0,408	0,4442
300°	0,4366	0,353	0,2511	0,3673	0,3074	0,395	0,4453
330°	0,4357	0,3497	0,2708	0,3355	0,3036	0,3784	0,444
360°	0,4346	0,3756	0,331	0,4896	0,3382	0,397	0,4438

Tabell 10: Resultatsammanställning för fallet 3 mm penetrationsförmåga, 10 mm diameter

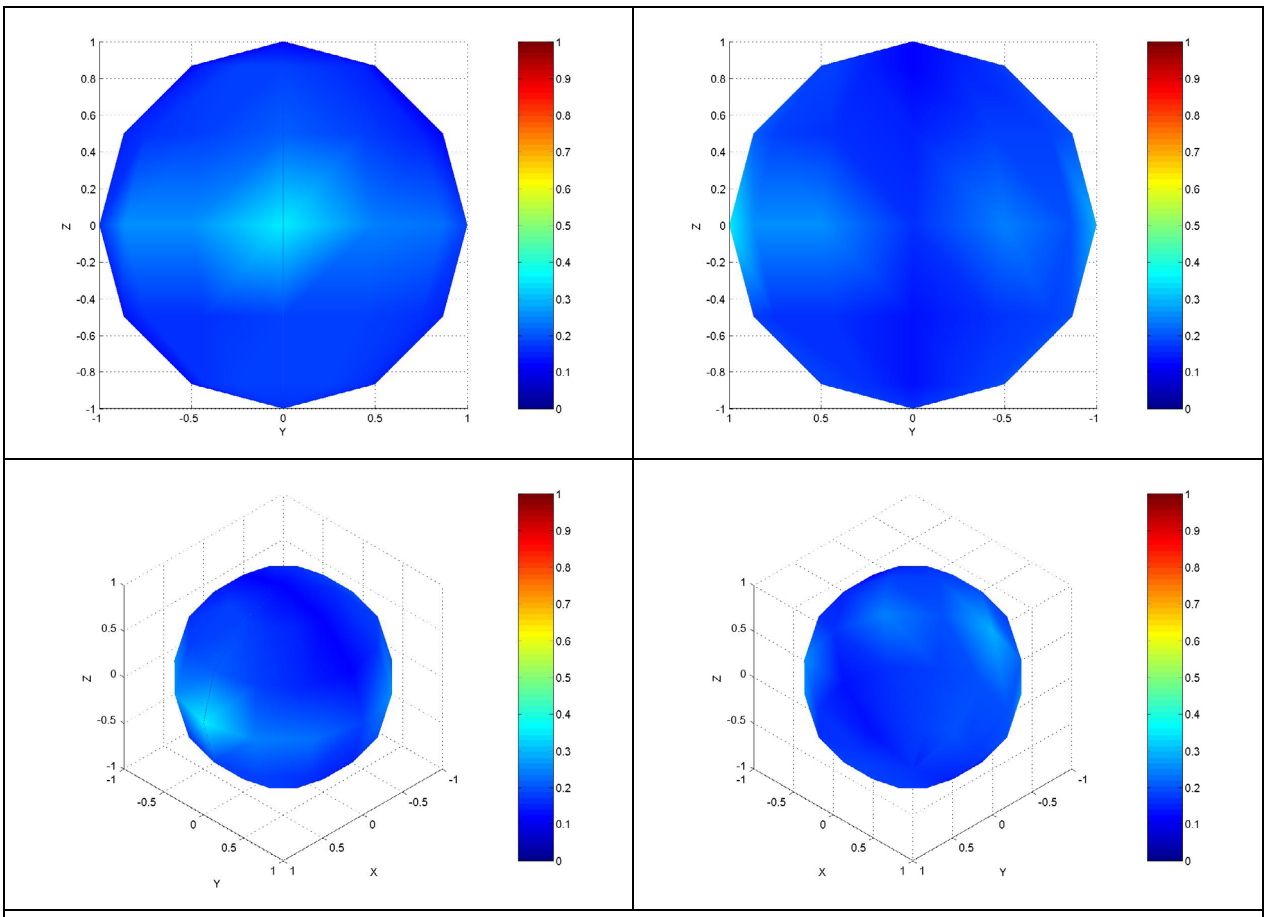


PK 0,3926

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,443	0,39	0,3535	0,5192	0,3622	0,4057	0,4459
30°	0,4439	0,3612	0,3029	0,3827	0,3177	0,3833	0,445
60°	0,4451	0,3675	0,288	0,3807	0,2954	0,3943	0,4471
90°	0,442	0,3959	0,3247	0,2508	0,3306	0,4106	0,4446
120°	0,4442	0,3902	0,3312	0,423	0,3355	0,4148	0,4472
150°	0,4444	0,3992	0,3328	0,3931	0,3292	0,4091	0,4457
180°	0,444	0,4256	0,3794	0,5661	0,3754	0,4272	0,4459
210°	0,4444	0,4007	0,3213	0,4095	0,3384	0,409	0,4464
240°	0,4441	0,3403	0,3011	0,4107	0,36	0,4171	0,4456
270°	0,4454	0,395	0,3176	0,2539	0,3415	0,4117	0,4464
300°	0,444	0,3647	0,2709	0,4021	0,3216	0,399	0,4471
330°	0,4439	0,3645	0,2881	0,3536	0,3243	0,385	0,446
360°	0,443	0,39	0,3535	0,5192	0,3622	0,4057	0,4459

Tabell 11: Resultatsammanställning för fallet 5 mm penetrationsförmåga, 1 mm diameter

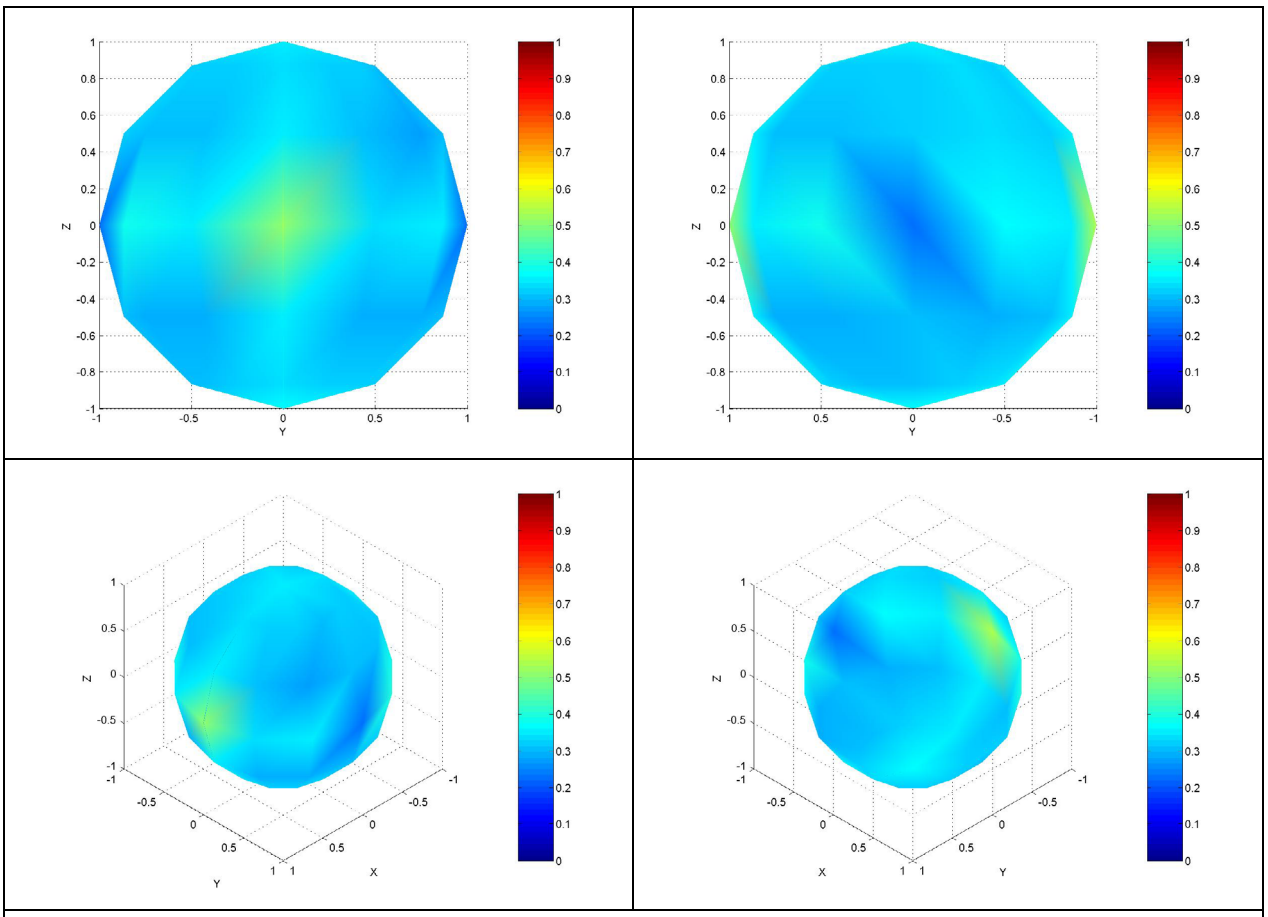


PK 0,1614

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,1577	0,1837	0,1864	0,3511	0,2059	0,1825	0,1197
30°	0,1568	0,1724	0,1762	0,2397	0,1786	0,1676	0,1191
60°	0,1582	0,1638	0,1682	0,2278	0,1546	0,1423	0,1201
90°	0,1631	0,1454	0,1424	0,1738	0,121	0,1123	0,1222
120°	0,1573	0,1717	0,1911	0,2544	0,1683	0,1478	0,1222
150°	0,1565	0,1818	0,1893	0,2091	0,1819	0,167	0,121
180°	0,1562	0,1988	0,1961	0,2853	0,1952	0,1758	0,1201
210°	0,158	0,1831	0,1763	0,2022	0,1813	0,1685	0,1188
240°	0,157	0,1657	0,1709	0,2351	0,1788	0,1554	0,119
270°	0,1572	0,1358	0,1349	0,168	0,1423	0,1202	0,1206
300°	0,1581	0,1609	0,1584	0,2611	0,1717	0,151	0,12
330°	0,1583	0,1741	0,1707	0,2559	0,187	0,1723	0,1209
360°	0,1577	0,1837	0,1864	0,3511	0,2059	0,1825	0,1197

Tabell 12: Resultatsammanställning för fallet 5 mm penetrationsförmåga, 3 mm diameter

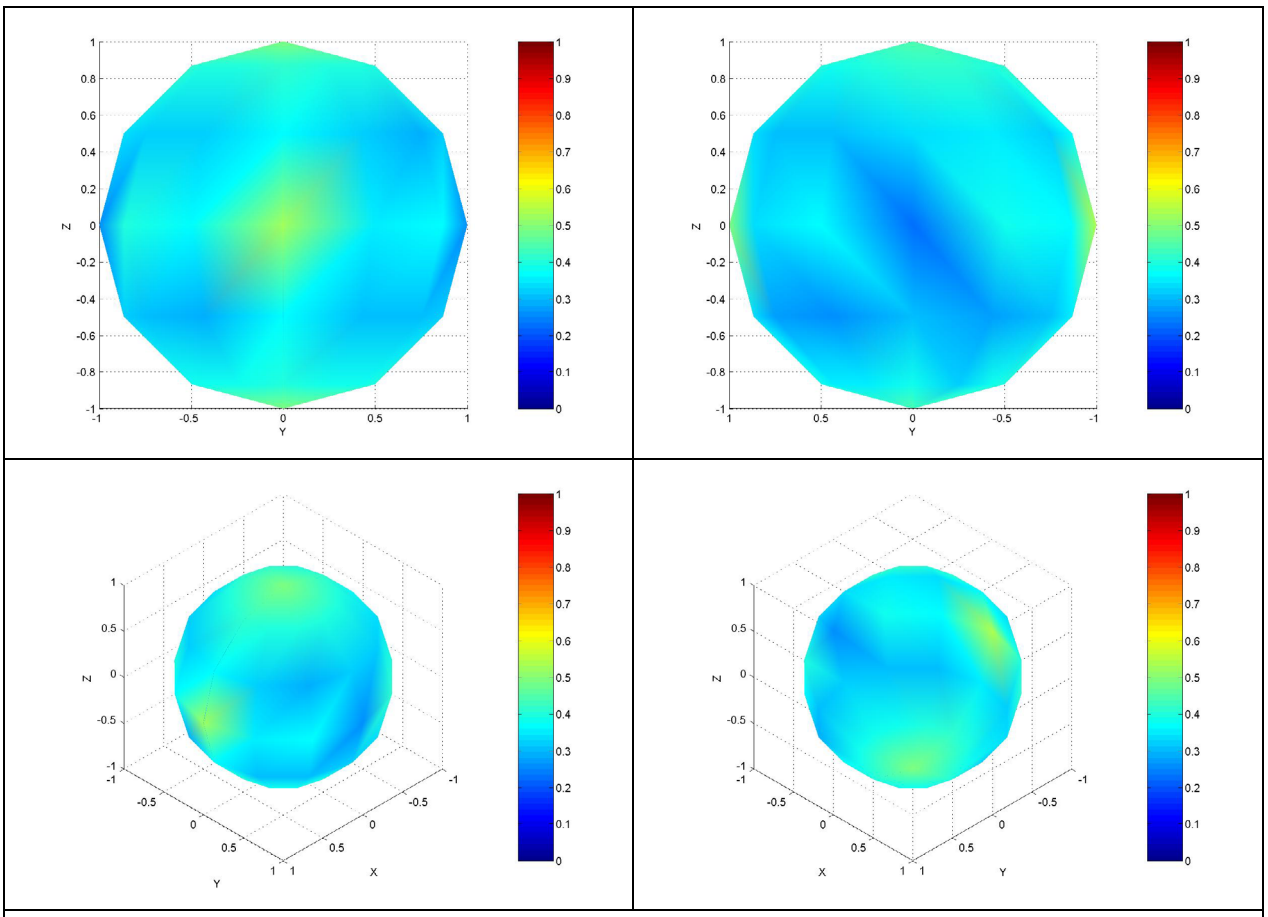


PK 0,3336

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,3623	0,3339	0,3539	0,5141	0,3467	0,3388	0,3511
30°	0,3627	0,313	0,2963	0,3344	0,2999	0,3217	0,3485
60°	0,3637	0,3137	0,2961	0,3455	0,2808	0,3191	0,3527
90°	0,3685	0,3132	0,3021	0,2266	0,3074	0,3096	0,351
120°	0,3635	0,3219	0,317	0,3954	0,3101	0,325	0,3525
150°	0,3624	0,3267	0,3073	0,3846	0,3194	0,326	0,3478
180°	0,3645	0,3502	0,344	0,532	0,3549	0,3423	0,3484
210°	0,3635	0,3293	0,2974	0,3567	0,322	0,3265	0,3507
240°	0,3624	0,3196	0,2932	0,3687	0,3339	0,331	0,3463
270°	0,3631	0,3086	0,2979	0,2245	0,3234	0,3148	0,3492
300°	0,3642	0,3115	0,283	0,3816	0,3112	0,3267	0,3509
330°	0,3635	0,3157	0,2852	0,3515	0,3121	0,3257	0,351
360°	0,3623	0,3339	0,3539	0,5141	0,3467	0,3388	0,3511

Tabell 13: Resultatsammanställning för fallet 5 mm penetrationsförmåga, 5 mm diameter

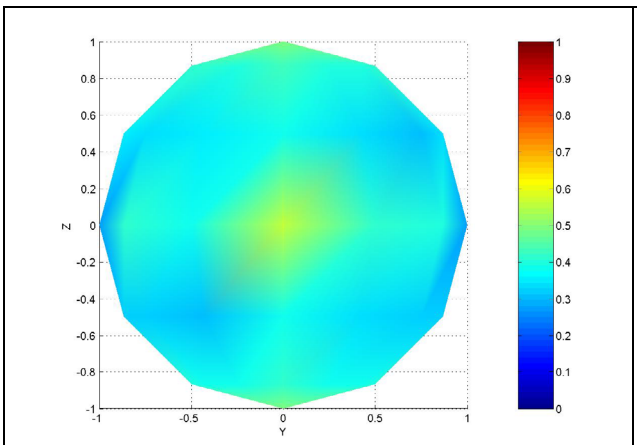


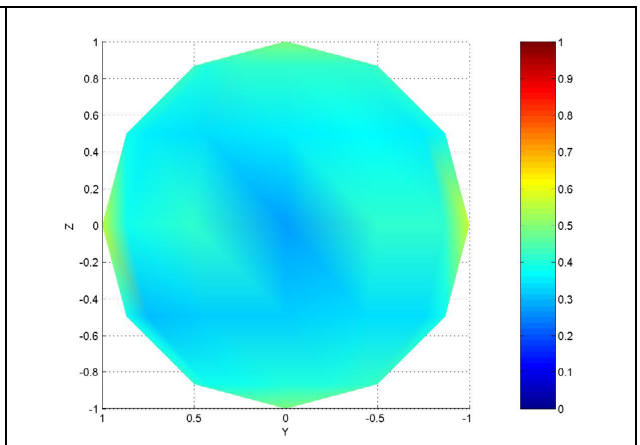
PK 0,4085

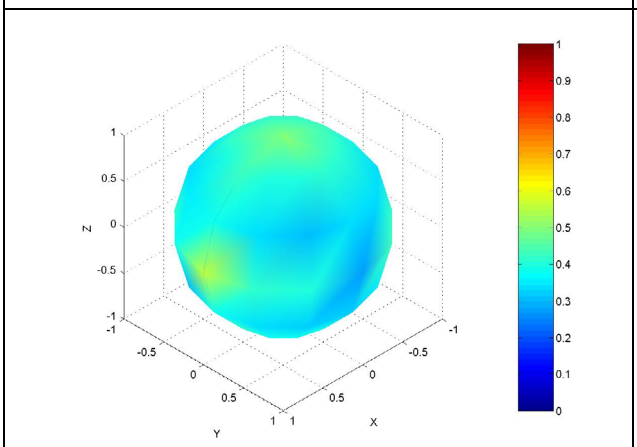
Pk

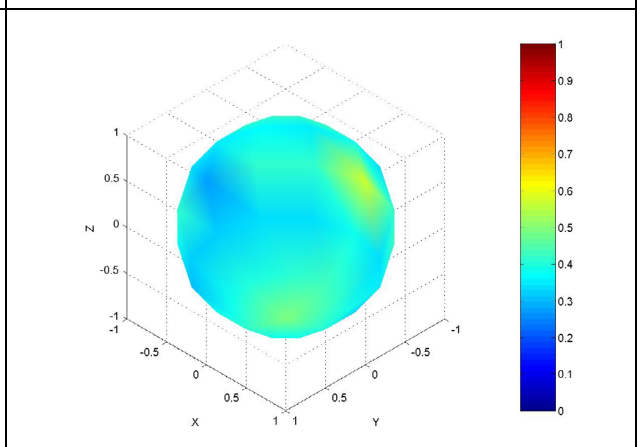
	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4891	0,4004	0,3677	0,5287	0,3607	0,4095	0,4945
30°	0,4907	0,376	0,3091	0,3564	0,3165	0,3908	0,4936
60°	0,4913	0,3775	0,312	0,3711	0,2959	0,3972	0,4953
90°	0,4931	0,3933	0,3182	0,2555	0,3262	0,406	0,4964
120°	0,4903	0,3882	0,3329	0,4071	0,3248	0,405	0,4961
150°	0,4915	0,3908	0,3198	0,3939	0,33	0,398	0,4942
180°	0,4904	0,4158	0,3594	0,5442	0,3672	0,4178	0,4934
210°	0,4903	0,3925	0,3097	0,37	0,3336	0,3984	0,4948
240°	0,4897	0,3847	0,3094	0,3841	0,3497	0,4103	0,4934
270°	0,4919	0,3902	0,3173	0,2569	0,3394	0,4087	0,495
300°	0,4903	0,3767	0,2992	0,393	0,3266	0,4053	0,4953
330°	0,4903	0,3783	0,2967	0,3602	0,3266	0,3946	0,4952
360°	0,4891	0,4004	0,3677	0,5287	0,3607	0,4095	0,4945

Tabell 14: Resultatsammanställning för fallet 5 mm penetrationsförmåga, 10 mm diameter







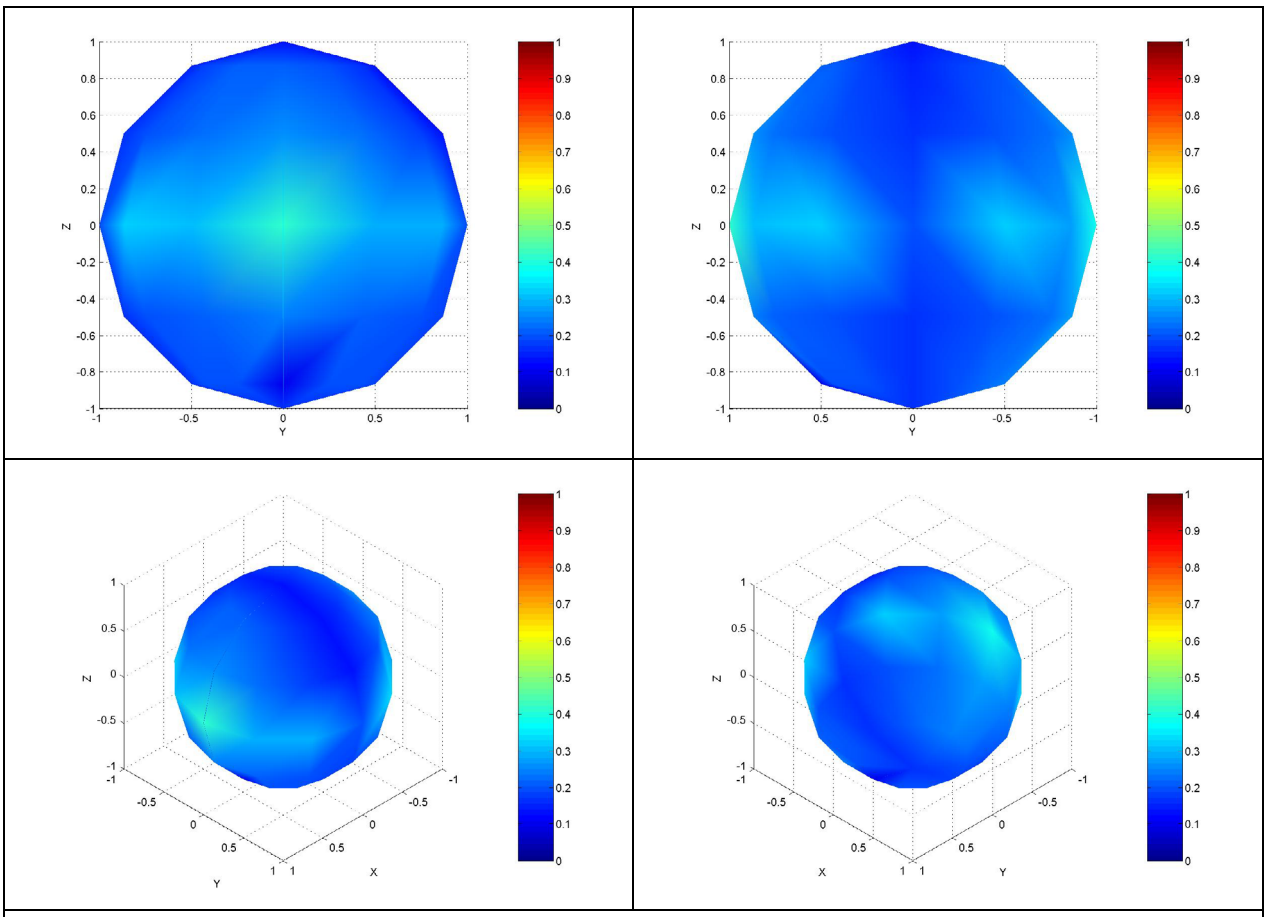


PK 0,4193

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4937	0,4109	0,3854	0,5512	0,3875	0,4229	0,4991
30°	0,495	0,3855	0,3316	0,4108	0,342	0,4006	0,4978
60°	0,4956	0,3824	0,325	0,4055	0,3109	0,4033	0,4992
90°	0,4986	0,3971	0,3251	0,2792	0,3325	0,4107	0,5005
120°	0,4951	0,3973	0,3549	0,4349	0,3373	0,4145	0,5004
150°	0,4953	0,4064	0,343	0,4101	0,3421	0,4102	0,4985
180°	0,4951	0,4325	0,386	0,5655	0,3825	0,4307	0,4975
210°	0,4952	0,4074	0,3321	0,4119	0,3505	0,4092	0,4991
240°	0,4942	0,3941	0,3335	0,4168	0,3667	0,4177	0,4977
270°	0,4969	0,3954	0,3258	0,2805	0,3461	0,4126	0,4986
300°	0,4948	0,3818	0,3131	0,4162	0,3422	0,4098	0,4995
330°	0,4945	0,3874	0,3123	0,3778	0,3498	0,4046	0,499
360°	0,4937	0,4109	0,3854	0,5512	0,3875	0,4229	0,4991

Tabell 15: Resultatsammanställning för fallet 8 mm penetrationsförmåga, 1 mm diameter

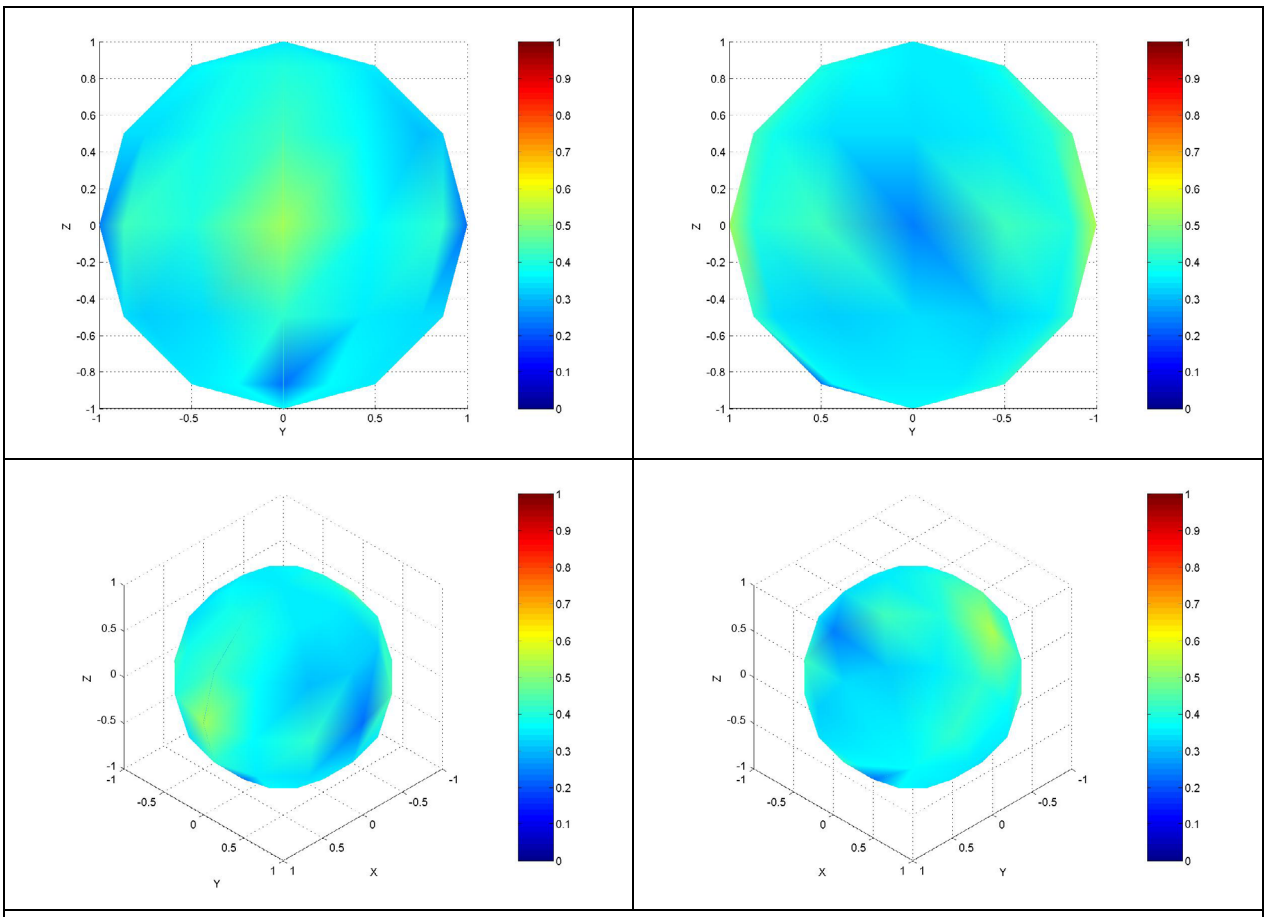


PK 0,1865

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,1665	0,0996	0,2426	0,4178	0,255	0,2187	0,1267
30°	0,167	0,2018	0,2153	0,2816	0,2273	0,1998	0,128
60°	0,1683	0,193	0,1977	0,293	0,1836	0,1709	0,1288
90°	0,1675	0,1722	0,1742	0,1879	0,1379	0,1369	0,127
120°	0,1669	0,1992	0,2174	0,3334	0,1927	0,1701	0,1282
150°	0,1657	0,2205	0,2391	0,2901	0,2348	0,1989	0,1258
180°	0,166	0,238	0,2664	0,3751	0,2575	0,2128	0,1264
210°	0,1664	0,2196	0,2214	0,2731	0,2296	0,1995	0,1264
240°	0,1675	0,1944	0,1969	0,3189	0,2	0,1778	0,1271
270°	0,1655	0,1689	0,1581	0,191	0,1579	0,1454	0,1261
300°	0,1674	0,19	0,1911	0,3223	0,2025	0,1806	0,1287
330°	0,1673	0,2026	0,2069	0,3068	0,2322	0,2054	0,128
360°	0,1665	0,0996	0,2426	0,4178	0,255	0,2187	0,1267

Tabell 16: Resultatsammanställning för fallet 8 mm penetrationsförmåga, 3 mm diameter

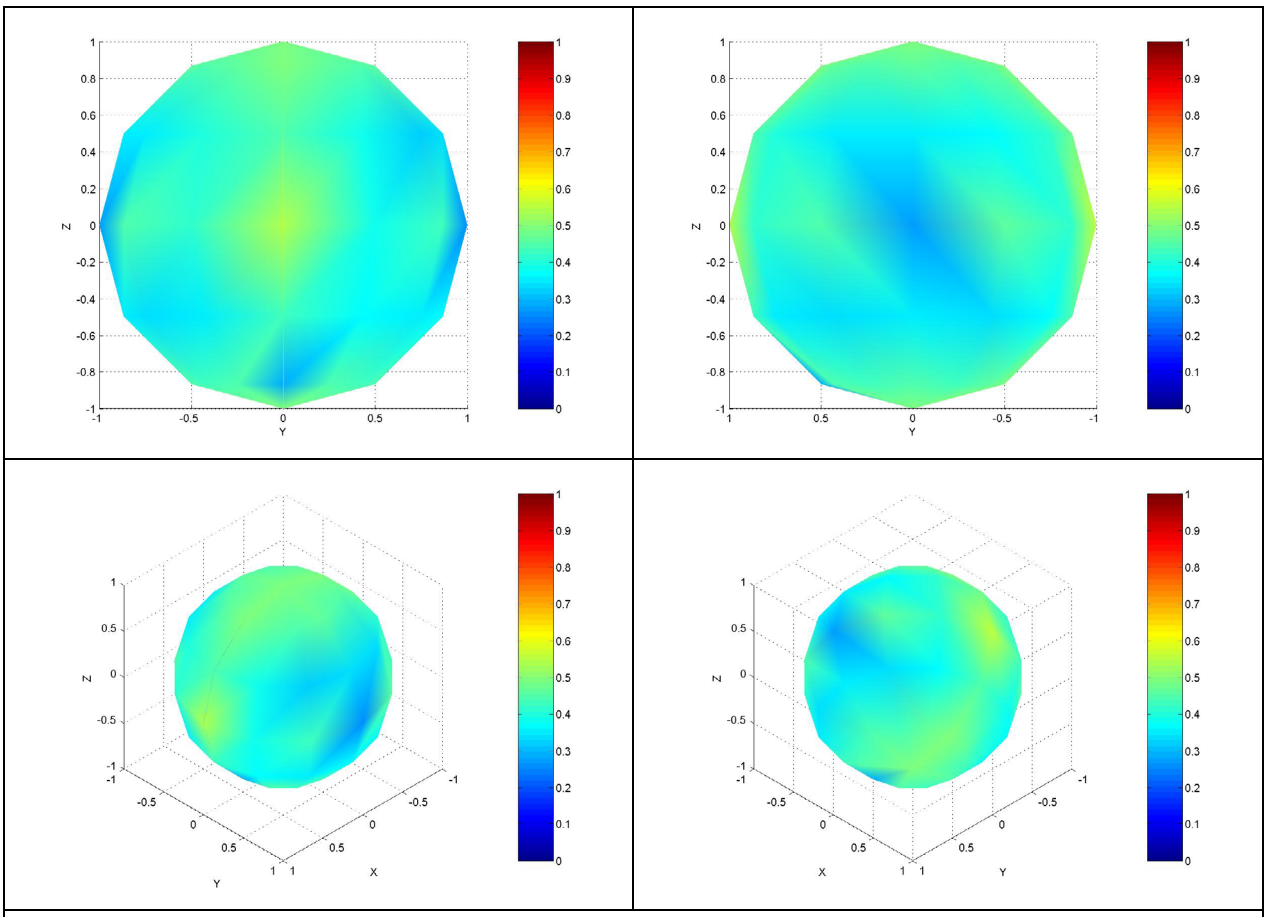


PK 0,3623

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,365	0,2324	0,4174	0,53	0,4275	0,3996	0,3506
30°	0,3692	0,3646	0,3539	0,3706	0,3692	0,3773	0,3504
60°	0,3657	0,3529	0,3396	0,4079	0,3044	0,3505	0,3499
90°	0,3661	0,3572	0,3437	0,2306	0,321	0,3462	0,3501
120°	0,3667	0,3566	0,3488	0,445	0,324	0,3498	0,3537
150°	0,3661	0,3835	0,3685	0,4198	0,3951	0,376	0,3476
180°	0,3665	0,4109	0,4189	0,5399	0,4538	0,3993	0,351
210°	0,3666	0,3836	0,3504	0,3962	0,398	0,3746	0,3501
240°	0,366	0,3539	0,3214	0,4342	0,3473	0,3558	0,3476
270°	0,3688	0,3572	0,3301	0,2346	0,3342	0,3501	0,3496
300°	0,366	0,3526	0,3226	0,4284	0,3402	0,3611	0,3526
330°	0,367	0,3659	0,3412	0,4026	0,3821	0,3824	0,3489
360°	0,365	0,2324	0,4174	0,53	0,4275	0,3996	0,3506

Tabell 17: Resultatsammanställning för fallet 8 mm penetrationsförmåga, 5 mm diameter

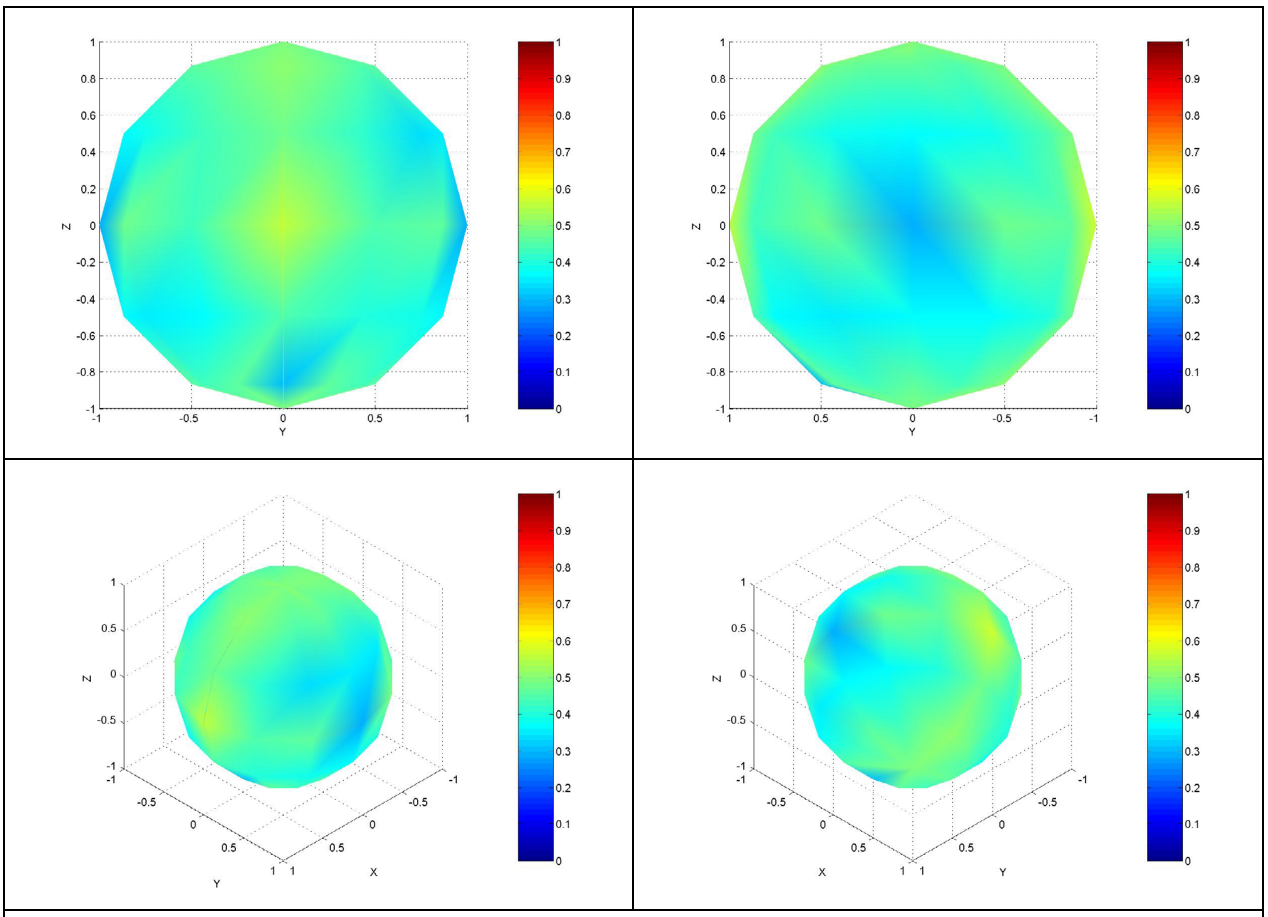


PK 0,4426

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4943	0,2935	0,4341	0,542	0,4499	0,4891	0,4966
30°	0,495	0,4423	0,3709	0,3868	0,3878	0,4657	0,4954
60°	0,4961	0,4258	0,3585	0,4285	0,3215	0,4389	0,497
90°	0,4964	0,4506	0,3611	0,2613	0,3408	0,455	0,4963
120°	0,4955	0,4287	0,3686	0,4659	0,341	0,4378	0,4976
150°	0,4961	0,4596	0,3857	0,428	0,4121	0,4589	0,4956
180°	0,4955	0,4893	0,4401	0,5499	0,4737	0,486	0,4953
210°	0,4953	0,4599	0,3697	0,4118	0,4165	0,4579	0,4964
240°	0,4949	0,4261	0,3407	0,4534	0,366	0,4422	0,4949
270°	0,4967	0,4511	0,3525	0,266	0,3542	0,4569	0,4966
300°	0,4952	0,4271	0,3391	0,4463	0,358	0,4476	0,4973
330°	0,495	0,4423	0,3567	0,413	0,398	0,4676	0,4967
360°	0,4943	0,2935	0,4341	0,542	0,4499	0,4891	0,4966

Tabell 18: Resultatsammanställning för fallet 8 mm penetrationsförmåga, 10 mm diameter

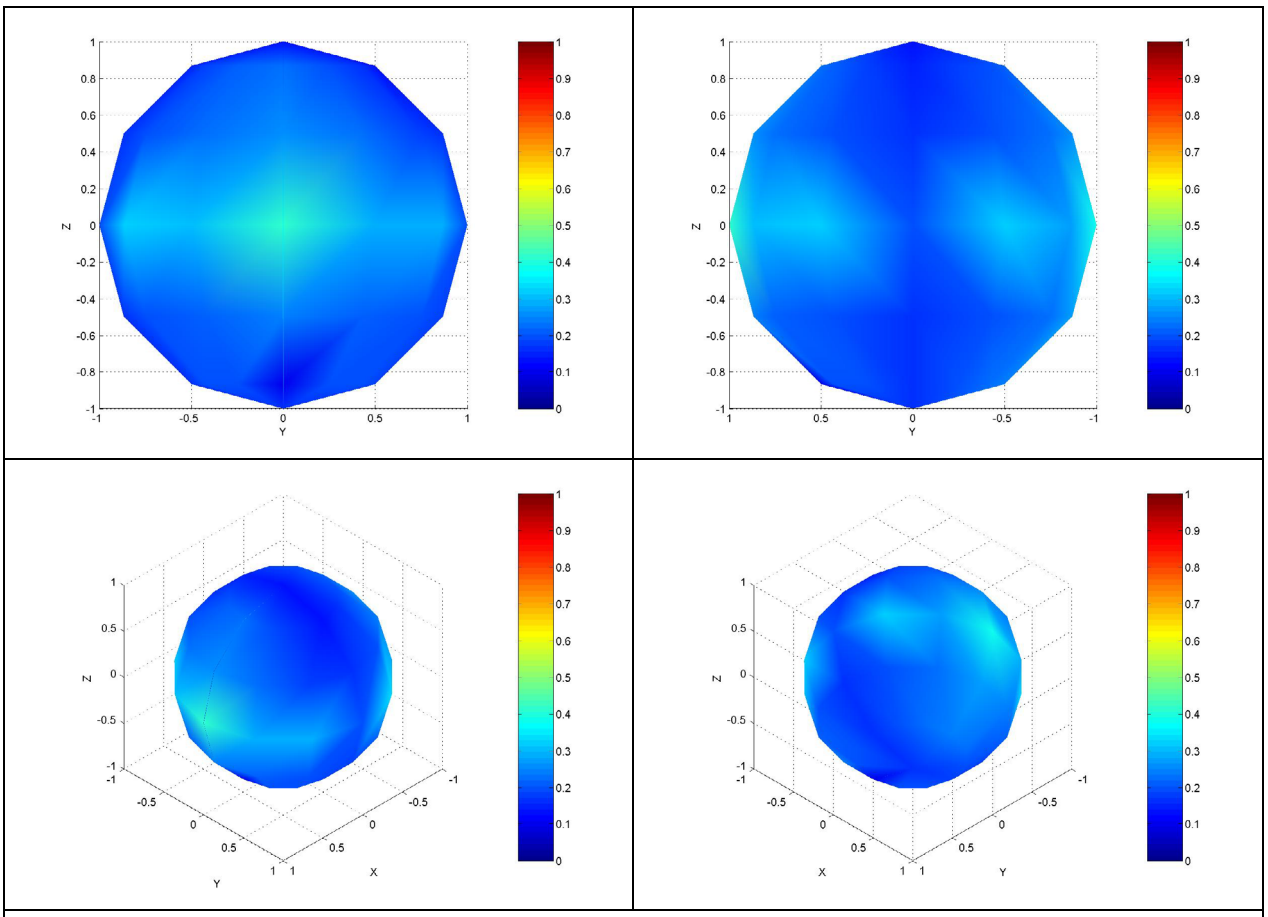


PK 0,4542

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,497	0,3028	0,453	0,5587	0,4787	0,5026	0,4993
30°	0,4981	0,4541	0,3963	0,4392	0,4188	0,478	0,4981
60°	0,4988	0,4362	0,3779	0,4617	0,3429	0,4485	0,4998
90°	0,4995	0,4554	0,3677	0,2844	0,3491	0,4612	0,4992
120°	0,4983	0,4388	0,3917	0,4972	0,355	0,4483	0,5006
150°	0,499	0,4742	0,4118	0,4433	0,4274	0,4723	0,4986
180°	0,4984	0,5053	0,475	0,5663	0,4899	0,4996	0,4982
210°	0,4985	0,4749	0,3958	0,4677	0,4382	0,4697	0,4994
240°	0,4974	0,4366	0,3631	0,4833	0,3844	0,4506	0,498
270°	0,4997	0,4579	0,3619	0,2876	0,3624	0,4612	0,4992
300°	0,4981	0,4369	0,3553	0,4724	0,3768	0,4554	0,5001
330°	0,4978	0,4538	0,3744	0,4308	0,4278	0,4792	0,4996
360°	0,497	0,3028	0,453	0,5587	0,4787	0,5026	0,4993

Tabell 19: Resultatsammanställning för fallet 12 mm penetrationsförmåga, 1 mm diameter

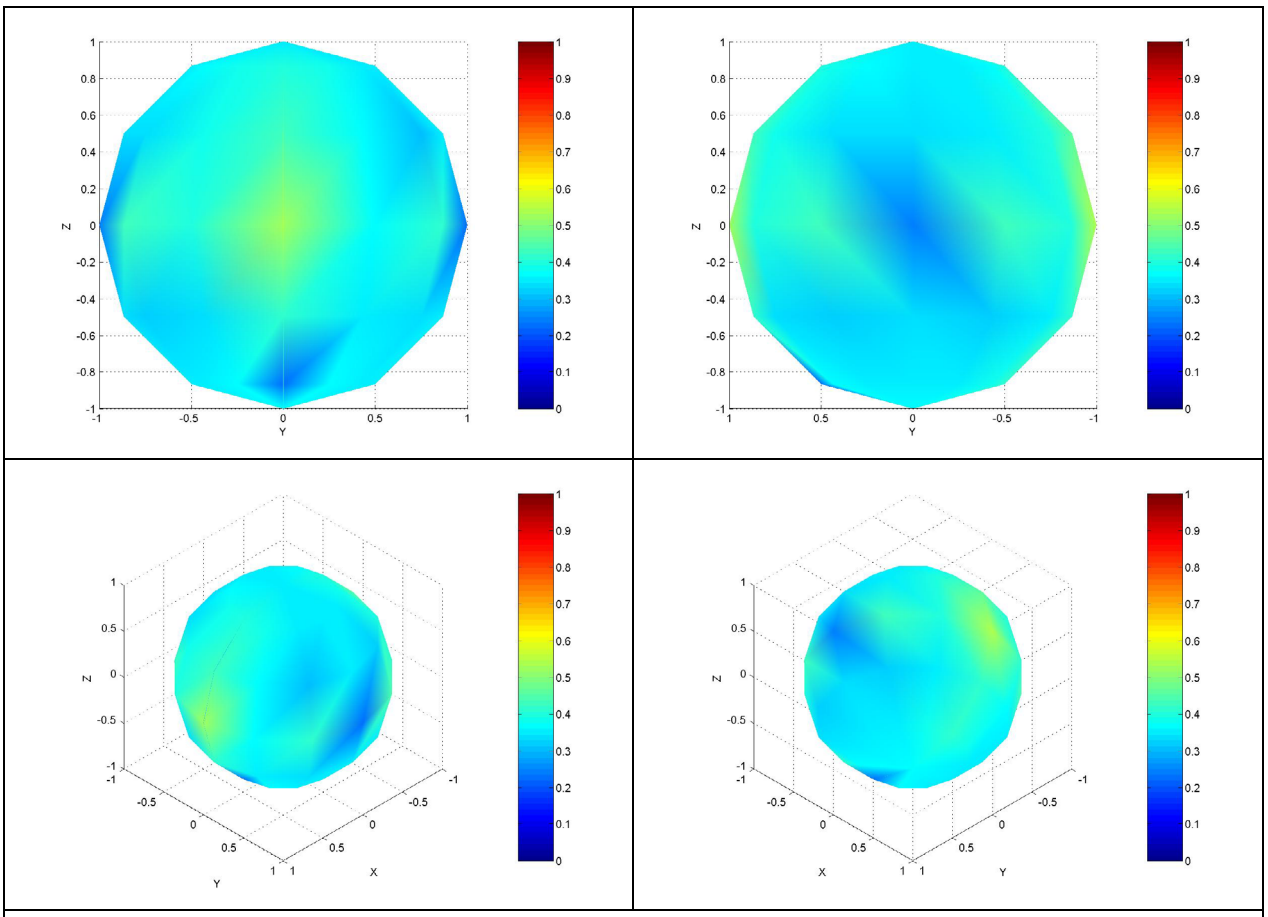


PK 0,1867

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,1665	0,0995	0,2425	0,4178	0,255	0,2188	0,1267
30°	0,167	0,2017	0,2153	0,2816	0,2271	0,1998	0,128
60°	0,1683	0,193	0,198	0,293	0,1836	0,1709	0,1288
90°	0,1675	0,1722	0,1743	0,1879	0,163	0,1369	0,127
120°	0,1669	0,1991	0,2174	0,3334	0,1927	0,1701	0,1282
150°	0,1657	0,2206	0,2393	0,2901	0,2349	0,1989	0,1258
180°	0,166	0,2381	0,2664	0,3751	0,2575	0,2129	0,1264
210°	0,1664	0,2197	0,2212	0,2731	0,2294	0,1994	0,1264
240°	0,1675	0,1944	0,1968	0,3189	0,2	0,1778	0,1271
270°	0,1655	0,1689	0,1581	0,1911	0,1579	0,1454	0,1261
300°	0,1674	0,19	0,1911	0,3223	0,2025	0,1806	0,1287
330°	0,1673	0,2026	0,2069	0,3068	0,2322	0,2054	0,128
360°	0,1665	0,0995	0,2425	0,4178	0,255	0,2188	0,1267

Tabell 20: Resultatsammanställning för fallet 12 mm penetrationsförmåga, 3 mm diameter

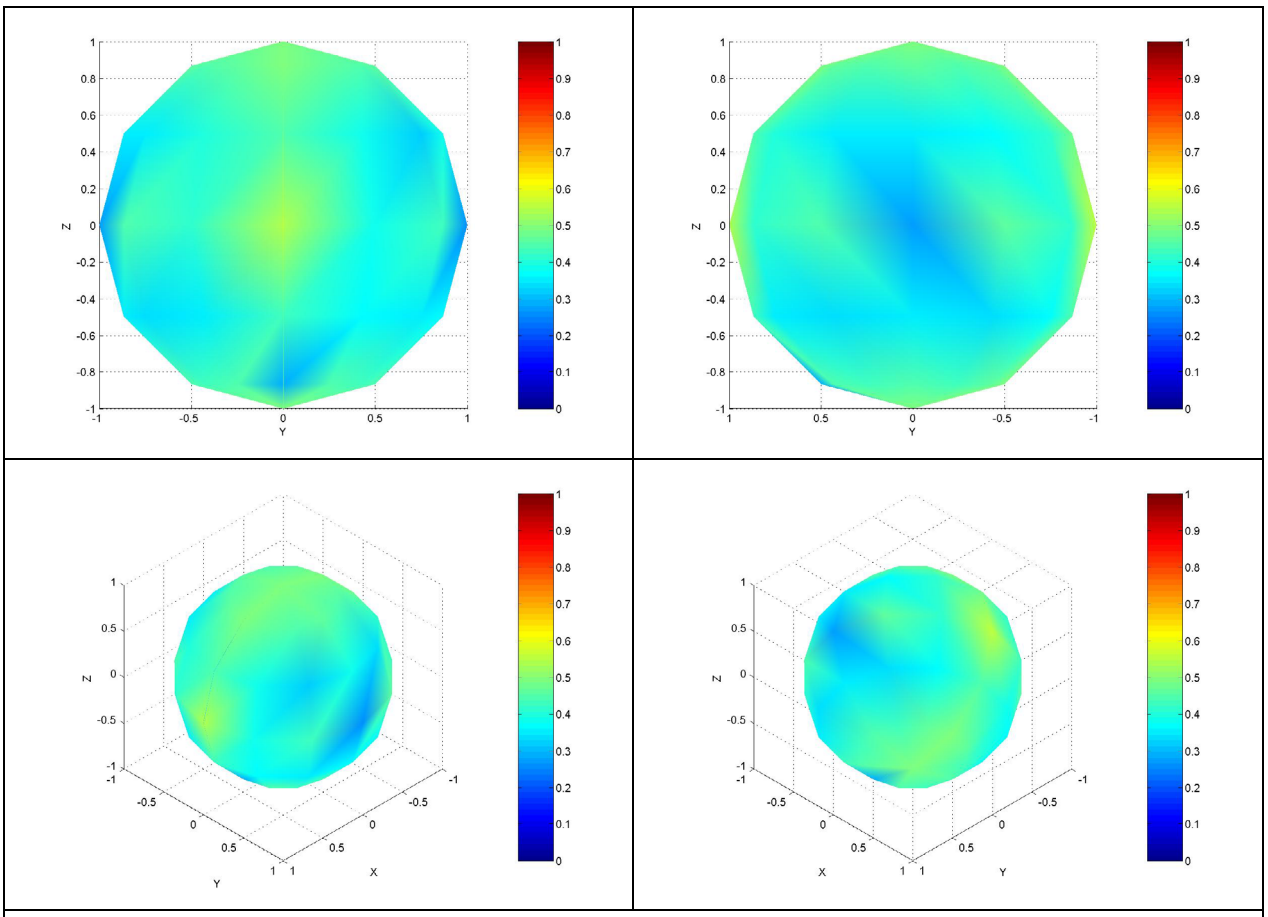


PK 0,3627

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,365	0,2323	0,4172	0,53	0,4275	0,3999	0,3506
30°	0,3692	0,3645	0,3538	0,3706	0,369	0,3773	0,3504
60°	0,3657	0,3529	0,3401	0,4079	0,3045	0,3505	0,3499
90°	0,3661	0,3572	0,3438	0,2306	0,3531	0,3462	0,3501
120°	0,3667	0,3564	0,3488	0,445	0,3241	0,3498	0,3537
150°	0,3661	0,3837	0,3687	0,4198	0,3951	0,3759	0,3476
180°	0,3665	0,4111	0,4189	0,5399	0,4538	0,3995	0,351
210°	0,3666	0,3836	0,35	0,3962	0,3976	0,3744	0,3501
240°	0,366	0,3538	0,3212	0,4342	0,3471	0,3559	0,3476
270°	0,3688	0,3572	0,3301	0,2347	0,3341	0,3501	0,3496
300°	0,366	0,3526	0,3226	0,4284	0,3403	0,3611	0,3526
330°	0,367	0,3659	0,3412	0,4026	0,3821	0,3824	0,3489
360°	0,365	0,2323	0,4172	0,53	0,4275	0,3999	0,3506

Tabell 21: Resultatsammanställning för fallet 12 mm penetrationsförmåga, 5 mm diameter

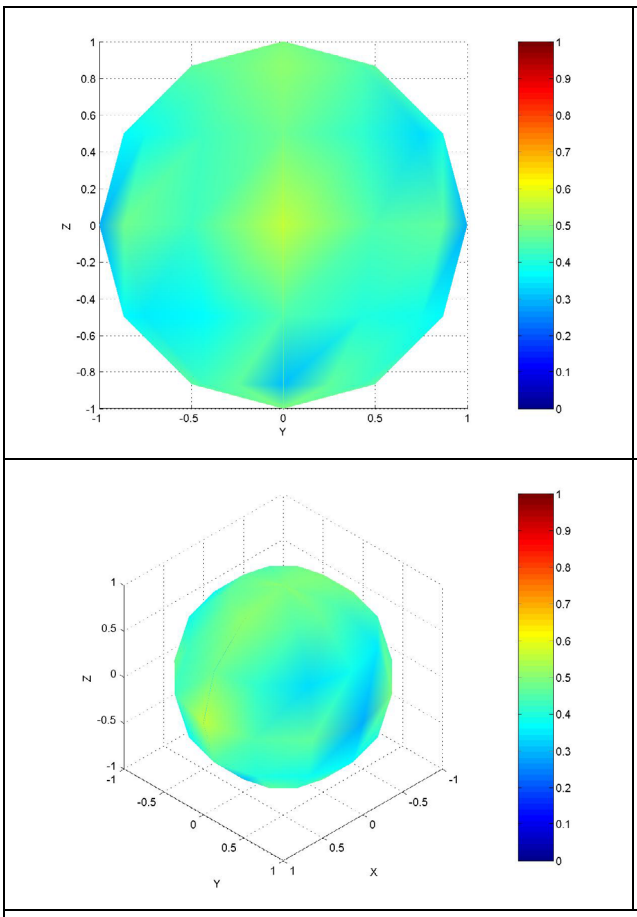


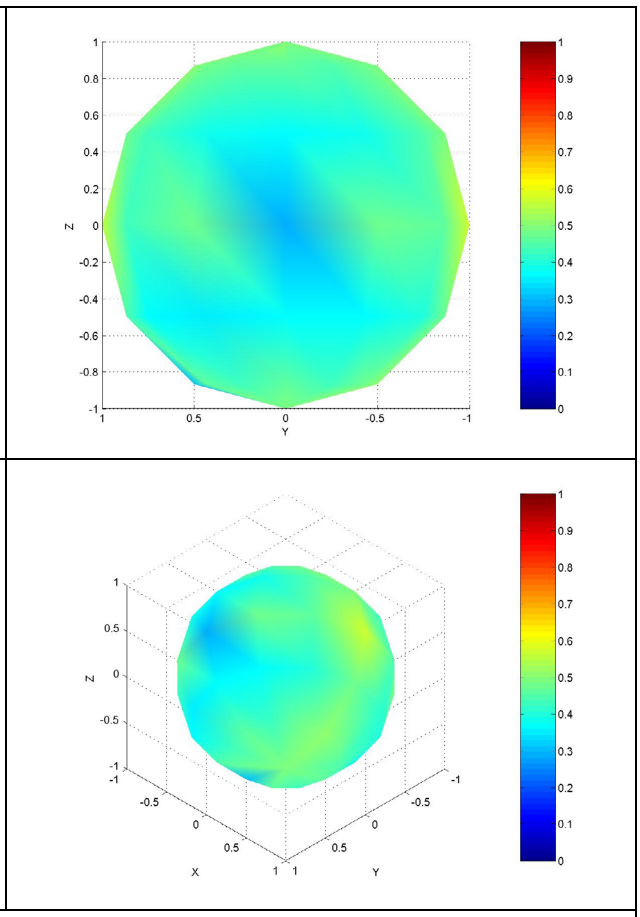
PK 0,443

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,4943	0,2934	0,4339	0,542	0,4498	0,4894	0,4966
30°	0,495	0,4421	0,3708	0,3868	0,3876	0,4657	0,4954
60°	0,4961	0,4258	0,359	0,4285	0,3216	0,4389	0,497
90°	0,4964	0,4506	0,3612	0,2613	0,3772	0,455	0,4963
120°	0,4955	0,4285	0,3686	0,4659	0,3411	0,4377	0,4976
150°	0,4961	0,4598	0,3859	0,428	0,4121	0,4589	0,4956
180°	0,4955	0,4896	0,4401	0,5499	0,4737	0,4862	0,4953
210°	0,4953	0,46	0,3692	0,4118	0,416	0,4576	0,4964
240°	0,4949	0,426	0,3405	0,4534	0,3658	0,4423	0,4949
270°	0,4967	0,4511	0,3525	0,2661	0,3541	0,4569	0,4966
300°	0,4952	0,4271	0,3391	0,4463	0,3581	0,4476	0,4973
330°	0,495	0,4423	0,3566	0,413	0,398	0,4676	0,4967
360°	0,4943	0,2934	0,4339	0,542	0,4498	0,4894	0,4966

Tabell 22: Resultatsammanställning för fallet 12 mm penetrationsförmåga, 10 mm diameter





PK 0,4546

Pk

	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
0°	0,497	0,3027	0,4528	0,5587	0,4787	0,5029	0,4993
30°	0,4981	0,4539	0,3963	0,4392	0,4185	0,478	0,4981
60°	0,4988	0,4362	0,3784	0,4617	0,343	0,4485	0,4998
90°	0,4995	0,4554	0,3678	0,2844	0,3871	0,4612	0,4992
120°	0,4983	0,4386	0,3917	0,4972	0,355	0,4483	0,5006
150°	0,499	0,4743	0,4121	0,4433	0,4275	0,4722	0,4986
180°	0,4984	0,5055	0,475	0,5663	0,4899	0,4998	0,4982
210°	0,4985	0,475	0,3953	0,4677	0,4377	0,4695	0,4994
240°	0,4974	0,4365	0,3629	0,4833	0,3843	0,4507	0,498
270°	0,4997	0,4579	0,3619	0,2877	0,3623	0,4612	0,4992
300°	0,4981	0,4369	0,3553	0,4724	0,3769	0,4554	0,5001
330°	0,4978	0,4538	0,3743	0,4308	0,4278	0,4792	0,4996
360°	0,497	0,3027	0,4528	0,5587	0,4787	0,5029	0,4993