

SÅRBARHETSANALYSER AV SKIP

Svein Rollvik og Rune Lausund, FFI

Innledning

Det er viktig å konstruere nye skipstyper slik at de får en størst mulig kampdyktighet og blir så lite sårbare som mulig overfor fiendtlige våpen. Dette hensynet vil imidlertid ofte krysses av behovet for et større antall skip og av begrensede økonomiske ressurser. En avveining må derfor foretas. Som underlag for beslutninger bør man ha svar på hvilken kampdyktighet et skip har etter angrep med ulike aktuelle våpen for de skipskonstruksjoner man vurderer. Man bør vite sammenhengen mellom kampdyktighet og kostnad. Dette kan være vanskelig hvis skipets sårbarhet eller kampdyktighet ikke kan kvantifiseres.

En sårbarhetsanalyse er en metode for å kvantifisere et skips sårbarhet eller kampdyktighet. Generelt må man i en sårbarhetsanalyse utføre følgende arbeidsoppgaver:

- Modellere skipet
- Bestemme våpentrusselen
- Beregne belastningen av våpenvirkningene på skipskonstruksjonen og utstyrskomponenter
- Beregne i hvilken grad skipskonstruksjonen og komponenter ødelegges
- På bakgrunn av hva som er ødelagt, beregne skipets fortsatte kampdyktighet

For å utføre en sårbarhetsanalyse er det nødvendig med en betydelig kunnskap om våpenvirkninger og skipets respons på disse. Det er videre nødvendig å modellere hvordan skipet er satt sammen av elementer og komponenter i ulike

funksjonskjeder. Ved å utføre et stort antall beregninger finner man ut i hvilken grad skipets elementer og komponenter er ødelagt, og hvorledes skipet deretter vil fungere.

En sårbarhetsanalyse må vanligvis utføres med en datamaskin. En programpakke for sårbarhetsanalyser består av et sett formler som beskriver våpenvirkningene og skipsdelenes respons. Videre inneholder den en metode for å modellere skipet, og formler som beregner skipets kampdyktighet ut fra de sannsynlige skader på skipet og dets komponenter.

Sårbarhetsanalyser utføres selvfølgelig også for andre mål enn skip, og analyseverktøyet er i stor grad uavhengig av type mål (skip, kjøretøy, stasjonært anlegg etc). FFIVM er i ferd med å bygge opp en generell kompetanse på sårbarhetsanalyser, og sårbarhetsanalyser av skip er én av programpostene våre.

Grunnen til at det er mulig for oss å ta opp arbeidet med sårbarhetsanalyser av skip, er samarbeidet med vår søsterorganisasjon i Canada, Defence Research Establishment Valcartier (DREV). Av dem har vi uten omkostninger fått deres sårbarhetsanalyseprogram GVAM. Etter en tids arbeid med å implementere dette programet på vår datamaskin, er vi nå i stand til å anvende det.

Arbeidsprogram

Som nevnt er det viktig å utføre sårbarhetsanalyser i forbindelse med prosjektering av nye skip, men det er også aktuelt å utføre sårbarhetsanalyser av eksisterende marine. Resultatene kan da brukes som grunnlag for taktiske analyser, og de kan brukes til å påvise enkle forandringer som kan øke skipets overlevelsessevne.

Videre kan man utføre sårbarhetsanalyser av fiendtlige skip overfor våre våpen med tanke på optimalisering av egne våpen og våpenbruk. En forutsetning for en slik anvendelse er en rimelig god kjennskap til de fiendtlige skipenes konstruksjon.

Vårt arbeidsprogram for sårbarhetsanalyser av skip inneholder alle disse tre aktivitetene og er oppsummert i figur 1.

Beskrivelse av GVAM

GVAM er en forkortelse for General Vulnerability Assessment Model og er utviklet av Dr Norbert Gass og hans medarbeidere ved DREV. Det er en EDB-basert simuleringsmodell for sårbarhetsanalyser generelt og av skip spesielt. Innholdet av GVAM er vist i figur 2.

EXBLAST beregner trykkvirkningen av en utvendig detonasjon av høyeksplosiver eller FAE våpen på skipets paneler og komponenter. 3 ulike ødeleggelseskriterier ligger til grunn:

- Panel- og komponentbrudd p g a skjokkbølger
- Panelforskyvning; komponenter ødelegges p g a forskyvninger
- Komponentødeleggelse p g a panelakselerasjon

INBLAST beregner trykkvirkninger av en innvendig detonasjon.

FRAGMENT beregner fragmentvirkningen mot komponenter og funksjonsskjeder etter en utvendig eller en innvendig detonasjon. Til grunn for beregningene av fragmentvirkningene ligger den såkalte Thor-ligningen. Den tar kun hensyn til

de primære fragmentene.

Alle komponenter og elementer i skipet er angitt ved sin styrke eller hardhet, og sluttresultatet både fra INBLAST, EXBLAST og FRAGMENT er skipets totale overlevelsessannsynlighet og kampdyktighet.

HIT PROBABILITY beregner treffsannsynligheten for en rakett. Vi har ikke kunnet implementere programmet fordi det forutsetter en større grafikkpakke enn vi disponerer.

Det er en omfattende oppgave å modellere skipet slik at alle programmene kan brukes. I GVAM, slik det er i dag, skjer modelleringen på en svært arbeidskrevende og urasjonell måte. Derfor utvikler FFIVM nå en enkel preprosessor for GVAM, PREGVAM, der inputprosedyrene er forenklet og gjort interaktive.

GVAM er et programsystem under utvikling. For tiden arbeider DREV med et program for simulering av brannforløp (SMOF) og et program som simulerer virkningen av elektromagnetisk puls (EMP). DREV er ferdig med første versjon av SMOF, og vi regner med å kunne implementere SMOF i løpet av 1987.

Modellering av skipet

Det er viktig med en god modellering både av skipet selv og av de forskjellige funksjonskjeder. Figur 3 viser et eksempel på hvordan selve skipet modelleres. Både skrog og overbygning modelleres som rektangulære hule bokser.

Utstyr (komponenter) plasseres i boksene og settes inn i sine funksjonskjeder. Figur 4 illustrerer strukturen i en funksjonskjede. I en kjede kan det være enkle komponenter, redundante komponenter og en grenstruktur. KILLSANNSYNLIG-

heten beregnes først for hvert nivå og deretter for hele kjeden.

I figur 4 er det forøvrig listet opp hvilke funksjonskjeder som er tilgjengelige i GVAM.

GVAMs tilknytning til SHIPSHAPE/MERMAID

SHIPSHAPE og MERMAID er omtalt i andre innlegg. Det vil være hensiktsmessig med en link mellom disse og GVAM. Da vil samme modell av skipet kunne benyttes både i GVAM og SHIPSHAPE, og samme modell av funksjonskjedene vil kunne brukes i GVAM og MERMAID.

GVAMs plassering i en fullstendig datastruktur for modellering og analyser av skip blir da som skissert i figur 5.

Resultater

Generelt kan resultatene presenteres i form av tall for overlevelsessannsynlighet av:

- enkeltkomponenter
- funksjonskjeder
- evne til å utføre ulike oppdrag
- paneler i forskjellige rom
- skrog
- mannskap

Alt kan også presenteres med fargegrafikk.

Resultatene kan oppsummeres i en endelig "Combat Readiness Rating", som er et mål for skipets evne til å utføre sitt oppdrag.

Til nå har vårt arbeid bestått i å gjøre GVAM operativt og

utvikle PREGVAM. Vi har foreløpig ingen resultater av gjennomførte sårbarhetsanalyser. Under arbeidet med implementeringen fant vi det imidlertid hensiktsmessig å bruke GVAM på et konkret eksempel, og vi valgte en STORM klasse MTB. Vi skal her presentere et par eksempler på delresultater.

Hvorvidt skrog og paneler bryter sammen ved trykkbelastninger, er i GVAM gitt ved en sannsynlighetsfordeling. Det nederste diagrammet i figur 6 viser sannsynligheten for at et panel bryter sammen som funksjon av den trykkbelastning det blir utsatt for. Hvis panelet blir utsatt for et trykk lik P_{rup} er det 50% sannsynlighet for at det går i stykker.

Det øverste diagrammet i figur 6 viser hvilket trykk som bygges opp i rom med forskjellig volum ved detonasjon av granater i rommet. Verdiene av P_{rup} for skrog, 1. og 2. dekk, samt overbygg er også tegnet inn. Dette er materialegenskaper som man må kjenne. For et gitt rom kan man lese av figurene hvilken sannsynlighet det er for at panelene som omgir rommet, bryter sammen.

Figur 7 viser overlevelsessannsynligheten for en MTB etter detonasjon midtskips av forskjellige granater. Langs den horisontale akse er tegnet trykket som oppstår i det midterste rommet og langs den vertikale akse overlevelsessannsynligheten. Denne er i stor grad bestemt av komponentenes sårbarhet. Komponentenes styrke er angitt ved en hardhet, som er definert som den trykkbelastning som gir 50% sannsynlighet for at komponenten går i stykker. I tillegg må resten av sannsynlighetsfordelingen angis. Den kan være bred (stor forandring i trykkbelastning gir liten forandring i overlevelsessannsynlighet) eller skarp (liten forandring i trykkbelastning gir stor forandring i overlevelsessannsynlighet). En ekstrem skarp fordeling vil være

at panelet helt sikkert går i stykker for trykkbelastninger høyere enn det som er angitt ved hardheten, men helt sikkert klarer seg ved lavere belastninger.

Figur 7 viser resultatene for 4 ulike kombinasjoner av hardhet og bredde på sannsynlighetsfordelingen. Vi ser at resultatene er svært avhengig av hvilken kombinasjon vi velger. En manglende kjennskap til hva komponentene tåler gir seg utslag i stor usikkerhet i den endelige verdien for overlevelsessannsynligheten. Dette demonstrerer at hva man får ut av en sårbarhetsanalyse ikke er bedre enn det vi legger inn. Selv en EDB-basert sårbarhetsanalyse fjerner ikke behovet for faktisk kunnskap om hva som skjer når et skip blir utsatt for våpenvirkninger.

Videreutvikling av GVAM

Når man skal vurdere et skips sårbarhet, er det behov for faktisk kunnskap om hva som skjer når det blir utsatt for våpenvirkninger. Hvis denne kunnskapen er mangelfull, blir sluttresultatet tilsvarende lite troverdig, selv om man benytter et datamaskinprogram. Hvis imidlertid den eksisterende kunnskap er samlet i programsystemet, representerer dette den beste mulighet for systematisk tenkning omkring et skips sårbarhet. En datamaskins styrke i denne sammenheng er dens store kapasitet til å holde oversikt over samtlige sårbare elementer.

Arbeidsmetoden bør derfor være å bruke GVAM som et hjelpemiddel for systematisk tenkning omkring et skips sårbarhet, der regnemaskinens kapasitet utnyttes for å ta hensyn til samtlige sårbare elementer og deres plass i skipets funksjonsskjeder. Resultatene som GVAM gir, må vurderes kritisk og sammenholdes med faktiske erfaringer. For å øke troverdigheten av resultatene må de svakeste delene av GVAM søkes forbedret ved at vi øker vår kunnskap på disse

områdene.

FFI er innstilt på både å bruke GVAM til faktiske sårbarhetsanalyser og til å videreutvikle GVAM ved bl a å drive forskning på våpenvirksomheter mot skip. Begge delene regner vi med vil skje i nært samarbeid med Sjøforsvaret, med Canada og øvrige NATO-land.

SÅRBARHETSANALYSER AV SKIP

HOVEDAKTIVITETER:

SÅRBARHETSANALYSER AV FRAMTIDIGE SKIPSDESIGN

- MTB FOR 90-ÅRENE
- FRAMTIDIGE ESKORTEFARTØY

SÅRBARHETSANALYSER AV EKSISTERENDE MARINE

- INPUT TIL TAKTISKE ANALYSER
- ØKE SKIPENES OVERLEVELSESEVNE

ANALYSERE EFFEKTEEN AV EGNE VÅPEN MOT FIENDTLIGE SKIP

- LANDGANGSFARTØY
- TRANSPORTSKIP
- ESKORTEFARTØY

FIGUR 1

GVAM

(General Vulnerability Assessment Model)

EDB BASERT SIMULERINGSMODELL FOR SÅRBARHETSANALYSER GENERELT OG AV SKIP SPESIELT

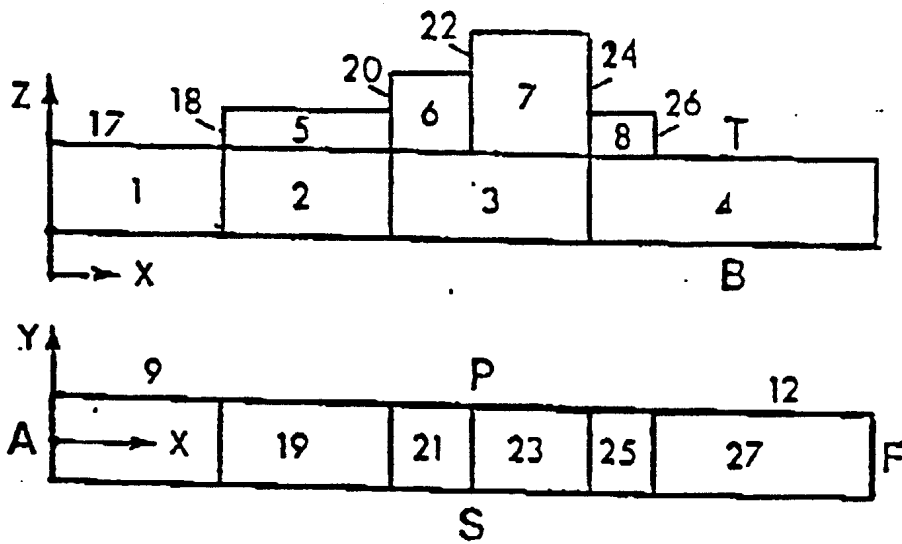
INNHold PR I DAG:

- EXBLAST (UTVENDIGE DETONASJONER)
- INBLAST (INNVENDIGE DETONASJONER)
- FRAGMENT
- HIT PROBABILITY
- MODELLERINGSVERKTØY

PROGRAMMER UNDER UTVIKLING:

- SMOF (Simulering av brannforløp)
- EMP (Virkning p g a elektromagnetisk puls)

TARGET MODEL

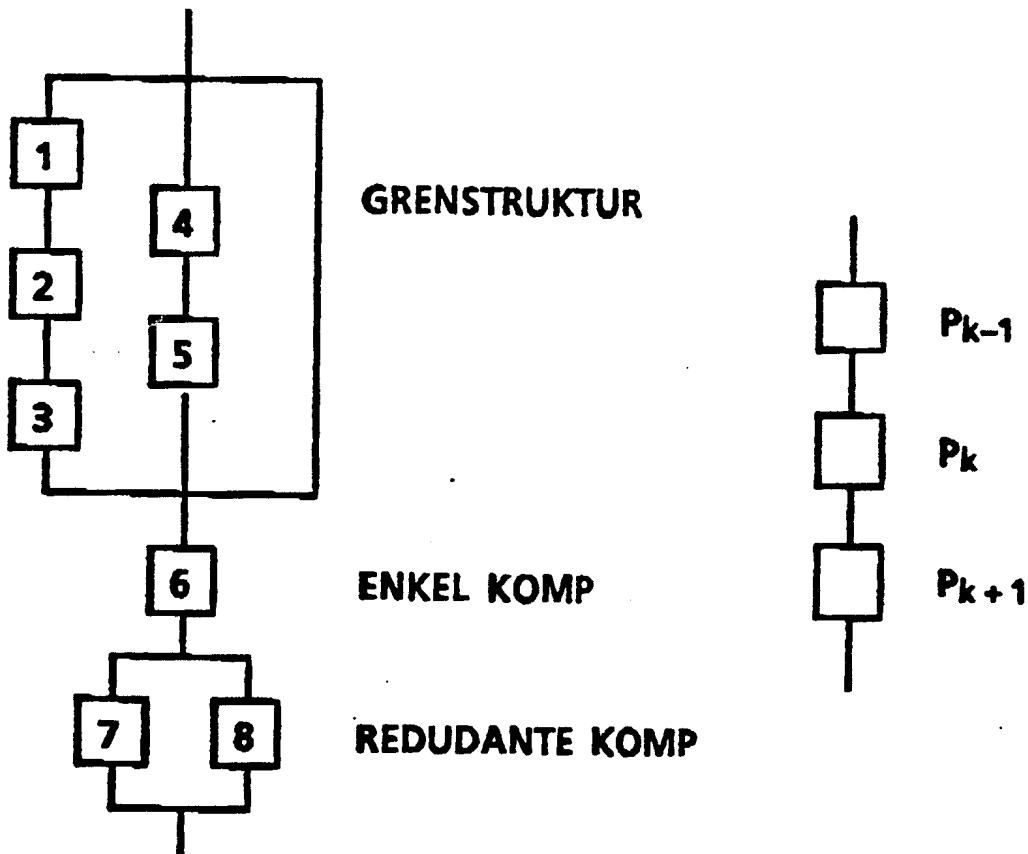


FIGUR 3

TILGJENGELIGE FUNKSJONSKJEDER

- AAW - ANTI-LUFT-VÅPEN
- ASW - ANTI-UNDERVANNS-VÅPEN
- ASSW - ANTI-OVERFLATESKIPS-VÅPEN
- MOB - BEVEGELSE
- ELW - ELEKTRONISKE VÅPEN
- INT - ETTERRETNING
- MW - MINEVÅPEN

FUNKSJONSKJEDE STRUKTUR

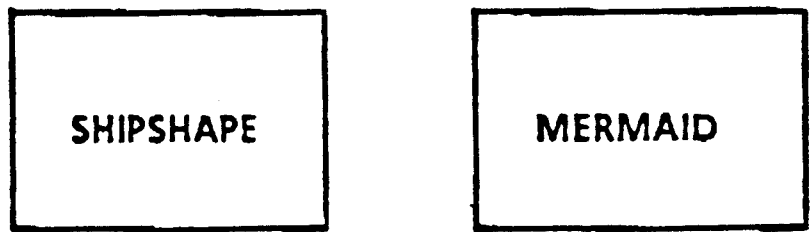


$$P_{KILL} = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - P_k)$$

FIGUR 4

GVAMs TILKNYTNING TIL SHIPSHAPE/MERMAID

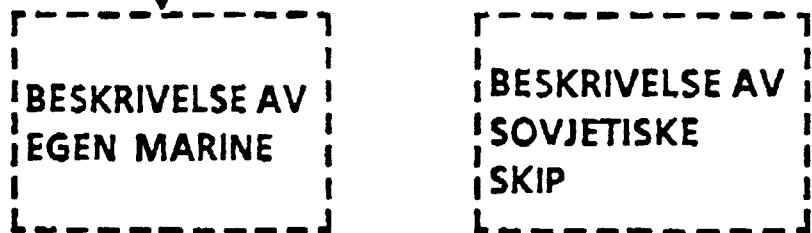
1) DESIGNE VERKTØY



2) MODELLOVERFØRING



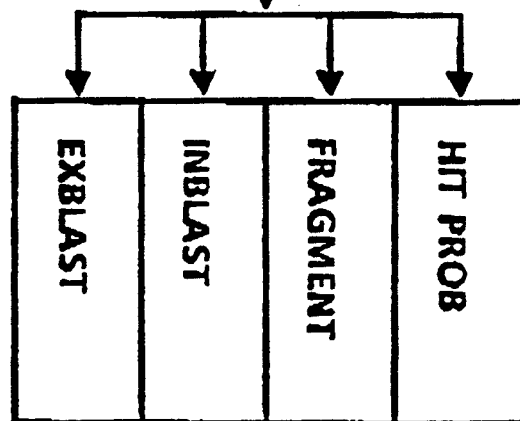
3) DATABASER



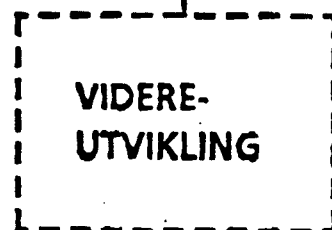
4) FELLES INPUT



5) GVAM 1



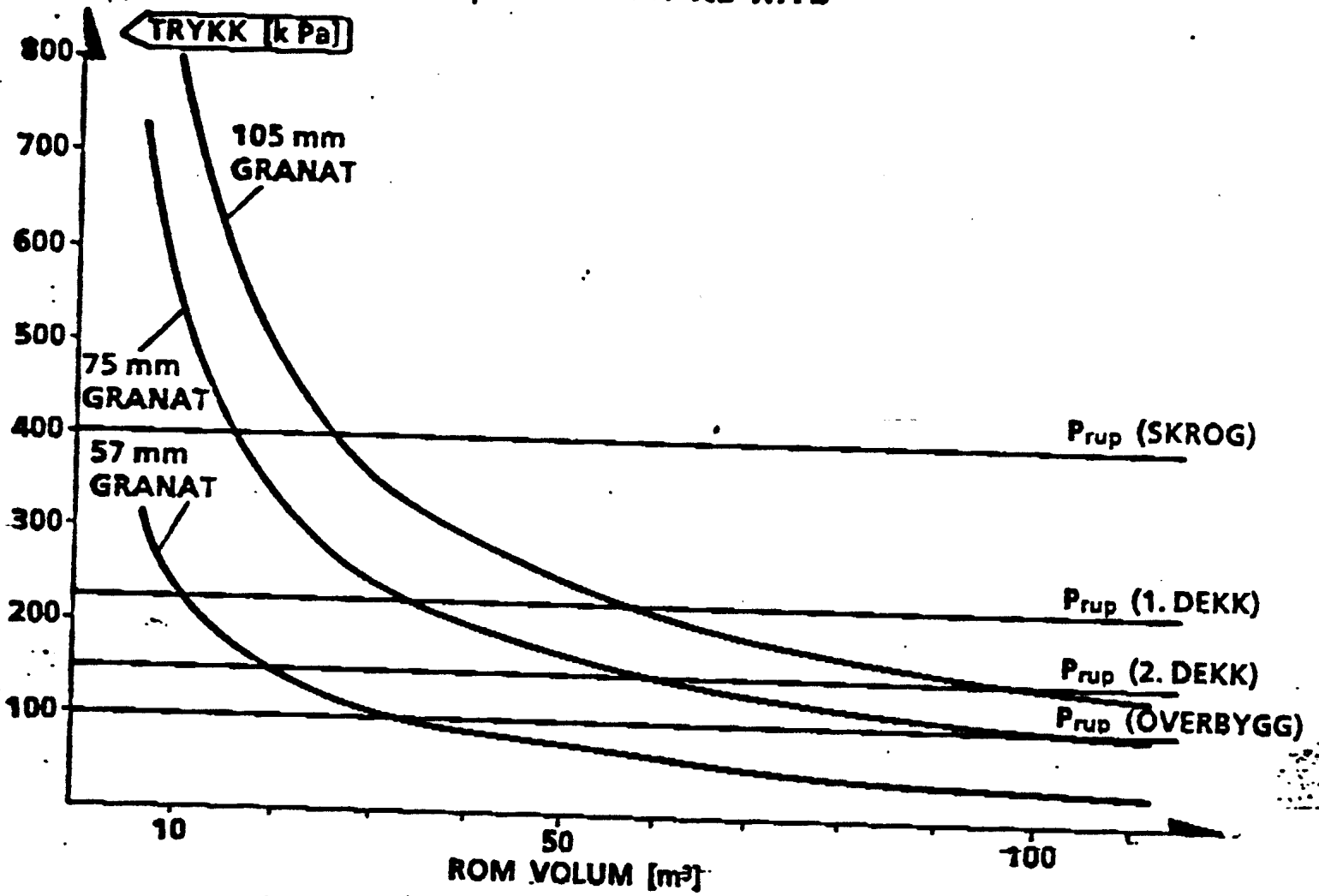
6) UTVIDELSE AV DE ENKELTE MODULENE NYE MODULER



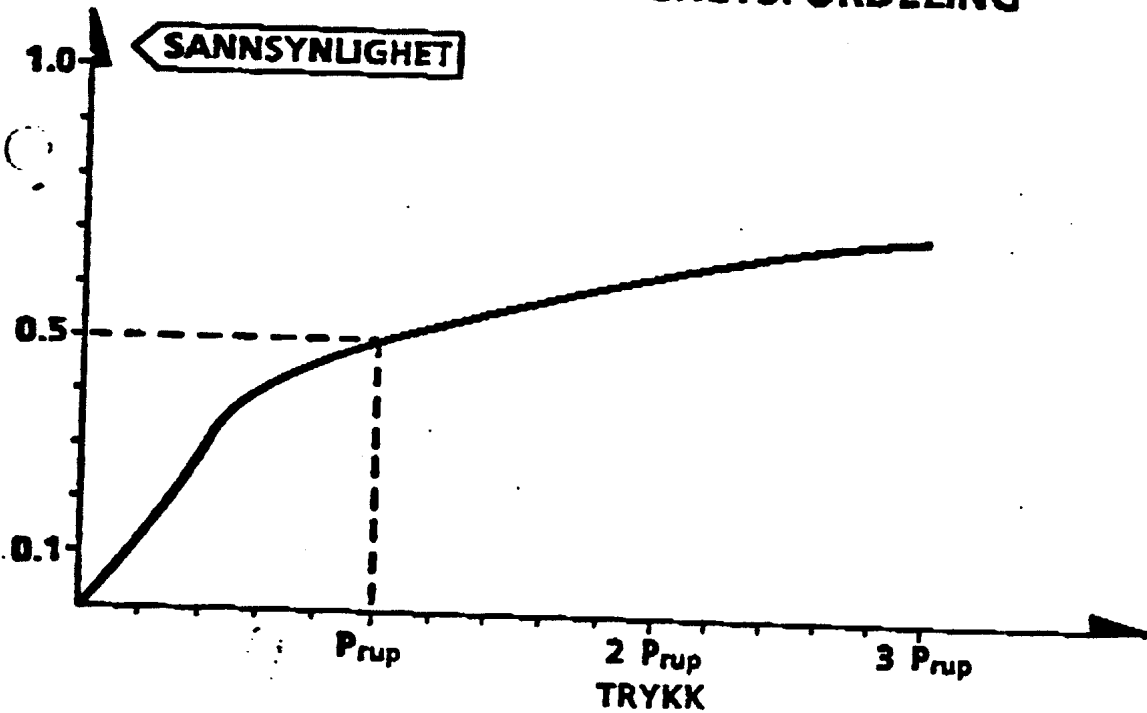
FIGUR 5

INITIAL TRYKK SOM FUNKSJON AV ROM VOLUM

P_{rup} - STORM KL MTB

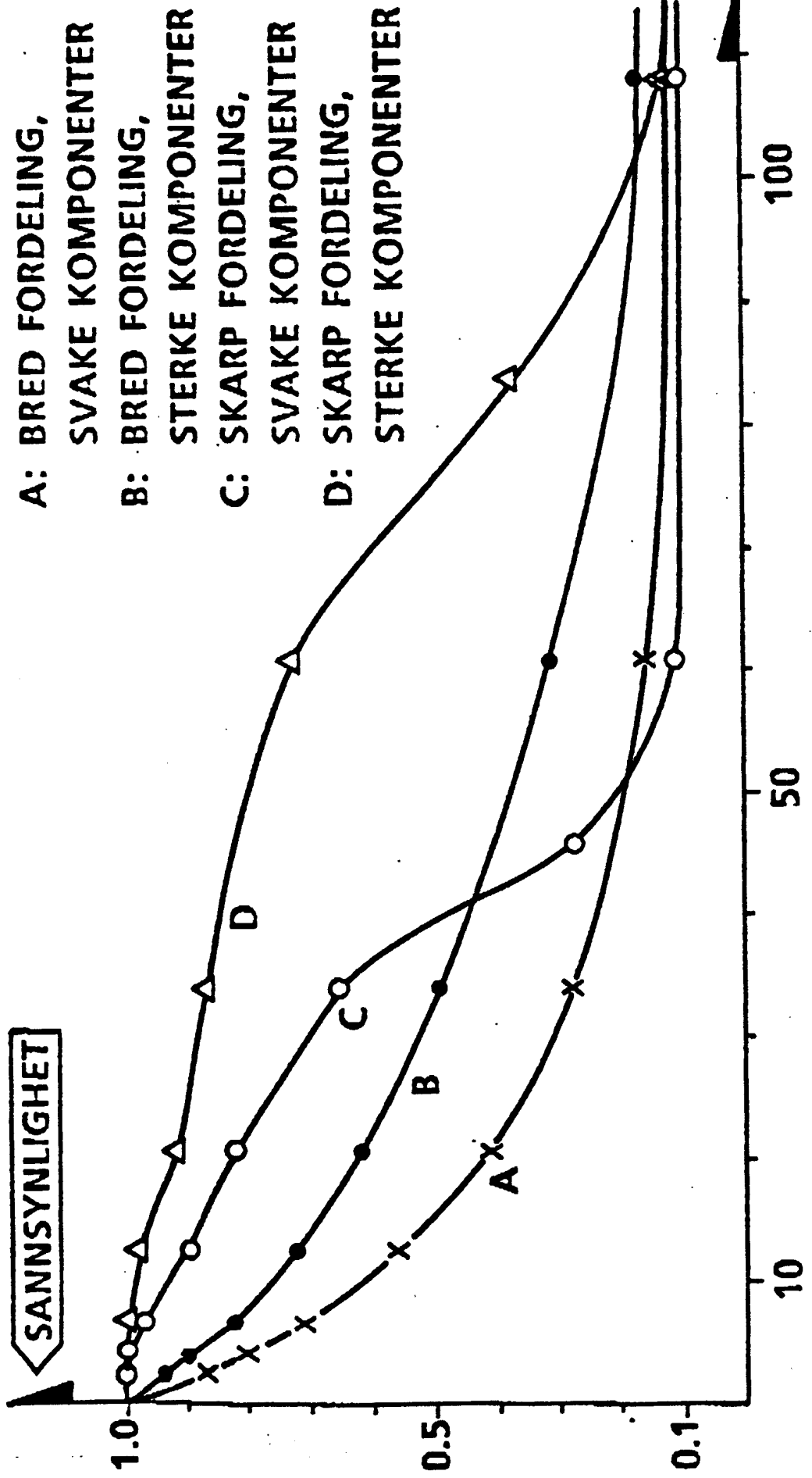


SANNSYNLIGHETSFORDELING



FIGUR 6

OVERLEVELSESSANNSYNLIGHET FOR MTB ETTER DETONASJON MIDTSKIPS (Fire ulike komponentsett)



FIGUR 7