

## RAPPORT

Titel	Rapport
Påseglingsskydd för bostadsområde vid Finnboda Simulering av uppbromsning av kryssningsfartyg	2004 3244-1
	Projektledare
	Peter Ottosson
Uppdragsgivare/Kontaktman	Författare
Ramböll Attn: Erik Arnér Box 4205 Kapellgränd 102 65 Stockholm Sverige	Peter Ottosson
Order	Datum
04-06-01 Unr 200599-201	2004-06-10

En simuleringsstudie, i syfte att bedöma hur effektivt ett föreslaget påseglingsskydd är, har genomförts med hjälp av simuleringsprogrammet Seaman. Simuleringarna har avsett bromssträckan för kryssningsfartyg av olika storlek.

SSPA Sweden AB

Jim Sandqvist  
Avdelningschef

Peter Ottosson  
Projektledare

**SSPA Sweden AB**

POSTADDRESS POSTAL ADDRESS	BESÖKSADDRESS STREET ADDRESS	TELEFON TELEPHONE	TELEFAX TELEFAX	E-MAIL E-MAIL	ORG NR REG NO.	BANKKONTO BANK ACCOUNT	BANKGIRO BANK GIRO
BOX 24001 SE-400 22 GÖTEBORG SWEDEN	CHALMERS TVÄRGATA 10 GÖTEBORG SWEDEN	NAT 031 - 7729000 INT +46 - 31 7729000	NAT 031 - 7729124 INT +46 - 31 7729124	postmaster@sspa.se	556224-1918	SE-BANKEN 5027-1002190	152-4875

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	3
<b>1 FARTYGSDATA.....</b>	<b>4</b>
<b>2 FÖRUTSÄTTNINGAR.....</b>	<b>5</b>
2.1 INDATA .....	7
2.2 RESULTATPARAMETERAR.....	8
2.3 KOMMENTAR ANGÅENDE FART VID PÅSEGLINGEN .....	9
<b>3 RESULTAT.....</b>	<b>10</b>
3.1 KOMPLETTERANDE BERÄKNING AVSEENDE PASSAGERARFARTYG TYP SILJA SYMPHONY.....	11
TABELL 1 FARTYGSDATA .....	4
TABELL 2 INDATAPARAMETRAR.....	8
TABELL 3 RESULTAT MED GIVNA FÖRUTSÄTTNINGAR.....	10
TABELL 4 RESULTAT FÖR ALTERNATIVA FRIKTIONS OCH DAMPKOEFFICIENTER. BÄGGE VARIERADE.....	11
TABELL 5 RESULTAT FÖR SILJA SYMPHONY .....	12
FIG. 1 PRINCIPIELL SKISS MED UPPTRÄDANDE KRAFTER I SAMBAND MED GRUNDSTÖTNING.....	5
FIG. 2 SPANTINDELNING .....	7
FIG. 3 DEFINITION AV DÄMPKRAFT .....	7
FIG. 4 INDATABESKRIVNING.....	8
FIG. 5 DEFINITIONSFIGUR FÖR RESULTATPARAMETRAR .....	8
FIG. 6 RESULTATPARAMETRAR .....	9
FIG. 7 BOGENS INTRÄNGNING SOM FUNKTION AV FRIKTIONSKOEFFICIENT.....	11

---

## SAMMANFATTNING

En simuleringsstudie, av hur snabbt kryssningsfartyg bromsas upp vid påsegling av ett uppbyggt grund, har genomförts med hjälp av SSPA's manöver- och sjöegenskapsprogram Seaman.

Tre kryssningsfartyg av olika storlek har simulerats. Fartygens längder har varit 290, 300 och 320 m respektive. Farten vid påsegling av grundet har varit 5 respektive 7 knop för vart och ett av fartygen. I undersökningen har speciellt studerats hur fartygets förligaste punkt, dvs bogen, trängt in över grundet, räknat från grundets framsida. Motsvarande avstånd till närmaste hussida är ca 41 m.

Studien visar, att med de antaganden som gjorts, kommer ej något av de tre fartygen att tränga in mer än ca 34 m, dvs en marginal på 7 m.

Ett mindre fartyg, typ Silja Symphony, som normalt trafikerar farleden, stoppas, enligt beräkningarna, upp snabbare än de undersökta kryssningsfartygen.

## 1 FARTYGSDATA

Tre fartyg har simulerats, alla med samma bredd och samma djupgående, men med olika längd. Blockkoefficienten är densamma för alla tre. Data ges i Tabell 1.

Fartygsparameter	Fartyg		
	1	2	3
Längd (m)	290	300	320
Bredd (m)	32.23	32.23	40
Djupgående (m)	7.0	8.0	8.0
Displacement (m3)	48 000	49 600	53 000

Tabell 1 Fartygsdata

## 2 FÖRUTSÄTTNINGAR

Då fartyget seglar på grundet antas att fartygsplåten skärs sönder och att fartyget därmed drar med sig vissa stenmassor. Friktionen mellan fartyget och stenmassorna antas i och med detta vara den som ges av en antagen rasvinkel för stenmassor, dvs:

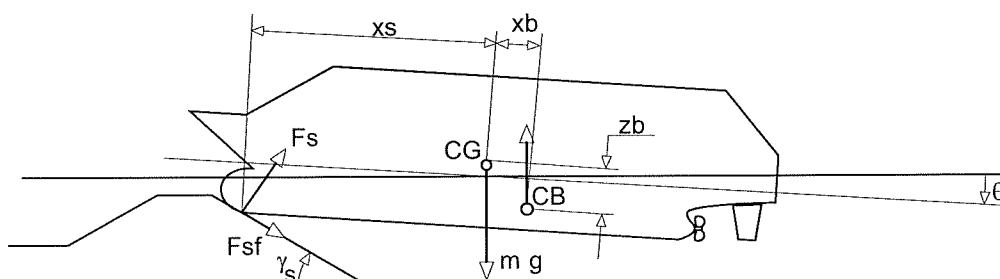
$$\mu_g = \tan(\gamma_r)$$

$\gamma_r$  = rasvinkel antas vara  $40^\circ$ , dvs:

$$\mu_g = 0.84$$

I denna undersökning beaktas ej risken för genomsegling av grundet, dvs att grundet helt kollapsar. Denna risk är enligt kundens geotekniker mycket osannolik.

Principen för modelleringen av krafterna i samband med grundstötningen åskådliggörs av



**Fig. 1** Principiell skiss med uppträdande krafter i samband med grundstötning

Grundstötningen simuleras i SSPA's kombinerade manöver och sjöegenskaps-program Seaman. I denna studie antas fartyget gå på rak kurs, vinkelrätt upp mot grundet, dvs det sannolikt svåraste fallet. Den matematiska modellen har då följande principiella utseende:

$$(m + A_{11})m \frac{du}{dt} = -F_s \sin(\gamma_s - ) - F_{sf} \cos(\gamma_s - ) - R - mg \sin( ) + \nabla_m g \sin( )$$

$$(m + A_{33}) \frac{dw}{dt} = -F_s \cos(\gamma_s - ) + F_{sf} \sin(\gamma_s - ) + mg \cos( ) - \nabla_m g \sin( )$$

$$(mk_{yy} + A_{55}) \frac{dq}{dt} = F_s \cos(\gamma_s - ) x_s - F_{sf} \sin(\gamma_s - ) KG - \\ mg \cos( ) x_B + \nabla_m g \sin( ) z_B$$

$A_{11}$	= medsvängande vattenmassa i långskeppsled	(kg)
$A_{33}$	= medsvängande vattenmassa i vertikalled	(kg)
$A_{55}$	= medsvängande masströghetsmoment i stampningsled	(kg)
$u$	= fartygets axiella fart	(m/s)
$\gamma_s$	= vinkel på framsida av grundet	(°)
$\theta$	= fartygets stampningsvinkel	(°)
$m$	= fartygets massa	(kg)
$k_{yy}$	= tröghetsradie i stampningsled	(kgm <sup>2</sup> )
$\nabla_m$	= momentana displacementet för fartyget	(m <sup>3</sup> )
$KG$	= fartygets tyngdpunkts-läge över baslinjen	(m)

Kraften  $F_s$  modelleras i modellen som en dämpkraft, som är lika med angreppsarean  $x$  ett visst antaget tryck. Detta tryck antas i modellen vara en faktor  $x$  det hydrodynamiska tryck som ges av fartygets djupgående. Denna faktor har något subjektivt antagits vara 5. Det innebär alltså att kontaktytan utsätts för ett tryck som är:

$$P_s = k_s T * 1000 * g \text{ N/m}^2 = 392\,000 \text{ N/m}^2$$

då

$$k_s = 5$$

$$T = 8.0 \text{ m (fartygets djupgående, räknat för det största djupgåendet)}$$

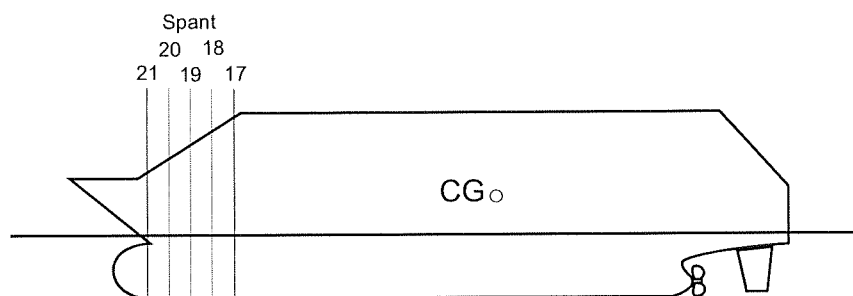
Trycket  $P_s$  kallas här i rapporten för dämpningstryck, och kan sagas representera det tryck som skrovet kan motstå utan att tryckas samman.

Frikionskraften  $F_{sf}$  är beroende på dämpningskraften  $F_s$  enligt:

$$F_{sf} = \mu_g F_s$$

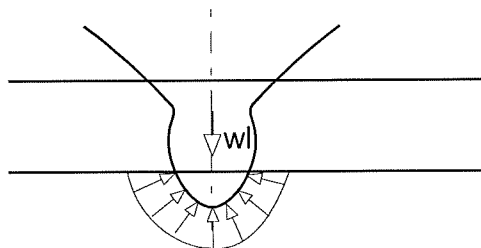
$$\mu_g = \text{friktionskoefficient} = 0.84 \text{ enligt ovan}$$

Fartygets form är i programmet definierats av spantformen för total 21 spant, där spant nr 21 är det i FP.



**Fig. 2 Spantindelning**

För varje spant integreras det tryck som uppstår då spantet i fråga rör sig neråt i grundets massa, dvs då hastigheten  $w_l$  i Fig. 3, är positiv. Vidare integreras kraften för varje spant över längden på fartyget.



**Fig. 3 Definition av dämpkraft**

I och med denna modell antas att grundet motstår normalkraften  $F_s$  utan att raseras. Vidare tas ej hänsyn till att fartyget bygger upp vallar framför fören då det penetrerar in i grundet.

## 2.1 Indata

De indata som givits beskrivs av Fig. 4 och Tabell 2

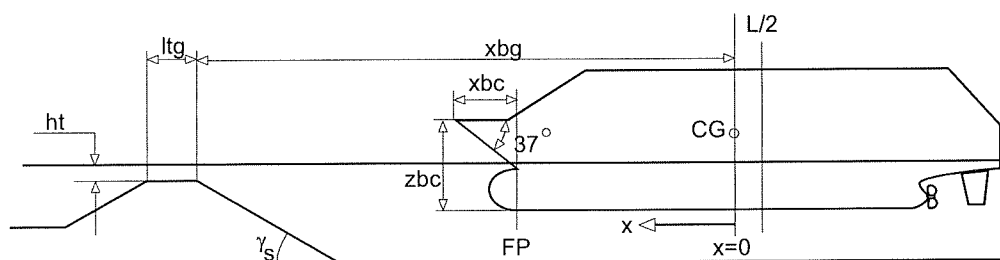


Fig. 4 Indatabeskrivning

Parameter	Beskrivning	Dimension	Storlek
xbg	Avstånd origo till förkant krön av grund	m	200
ltg	Bredd av grundets ovanyta	m	15
ht	Vattendjup ovanpå grundet	m	3
$\gamma_s$	Sluttningsvinkel på grundet	°	26.5
xbc	Avstånd L/2 till bog	m	20.0
zbc	Vertikalt avstånd BL till bog	m	25.0

Tabell 2 Indataparametrar

## 2.2 Resultatparametrar

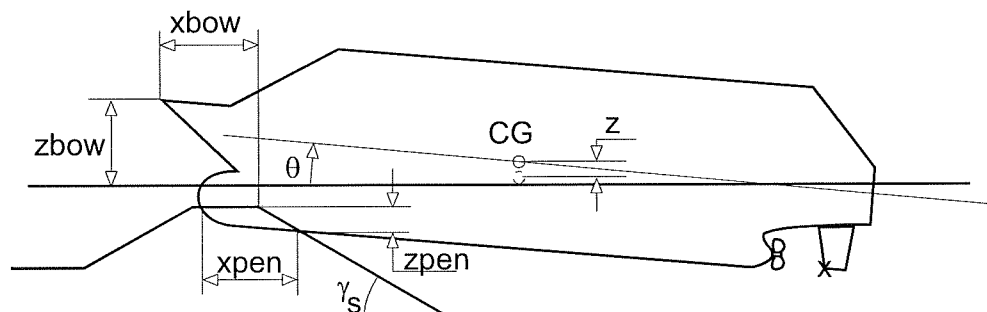


Fig. 5 Definitionsfigur för resultatparametrar



Parameter	Beskrivning	Dimension
ukn	Fartygets fart	knop
z	Hävningen i fartygets tyngdpunkt CG	m
teta ( $\theta$ )	Fartygets stampningsvinkel	°
xpen	Axiell penetrering in i grundet	m
zpen	Vertikal penetrering, alt intryckning i fartyget	m
xbow	Bogens axiella rörelse in över grundets övre framkant	m
zbow	Bogens höjd över vattenytan	m

**Fig. 6** Resultatparametrar

## 2.3 Kommentar angående fart vid påseglingen

För att ett fartyg som trafikerar leden ska kunna, vid en olyckshändelse, segla på det skyddande grundet bör det utsättas för en gir med ca 300-400 m girradie. Fartyget utsätts då för en bromsande kraft huvudsakligen till följd av centrifugalkraft. Farten kommer då att sjunka, under de första 60° kursändring sjunker farten med ca 2 knop, under förutsättning att propellern fortfarande arbetar. Stoppas propellern, blir fartsänkningen större.

### 3 RESULTAT

Resultaten presenteras dels i Tabell 3 och dels i Appendix A, där tidsplottar för respektive fall har återgivits.

Fartyg	Fart (knop)	xpen (m)	z (°)	$\theta$ (°)	xbow (m)	zbow (m)
1	5	12.2	0.09	0.11	19.2	18.4
1	7	24.6	0.26	0.33	31.6	19.2
2	5	13.8	0.08	0.09	19.0	17.4
2	7	26.7	0.27	0.31	32.1	18.2
3	5	13.9	0.08	0.09	19.1	17.4
3	7	28.2	0.27	0.29	33.6	18.2

**Tabell 3 Resultat med givna förutsättningar**

De parametrar som bedömts vara mest osäkra är:

- Friktionskoefficient  $\mu_s$
- Dämpningstryck  $P_s$

Det kan vara rimligt att anta att en lägre friktionskoefficient kan erhållas om fartyget ej skadas i så stor utsträckning, utan glider upp på grundet, dvs att dämpningen eller inträngningsmotståndet ökar. Därför har simuleringar genomförts för ett antal kombinationer av friktionskoefficient och dämpkoefficient. Dessa har utförts för Fartyg 2 ( $L=300$  m) och för 7 knops fart.

Resultaten redovisas i Tabell 4.

Friktionskoefficient $\mu_g$ (-)	Dämpningstryck $P_s$ (N/m <sup>2</sup> )	xbow (m)	zbow (m)	xpen (m)
0.84	384 000	32.1	18.2	26.7
0.35	784 000	30.9	19.2	25.6
0.175	1 536 000	20.4	20.4	15.0
0.10	2 688 000	18.2	22.2	12.9

Tabell 4 Resultat för alternativa friktions och dampkoefficienter. Bägge varierade.

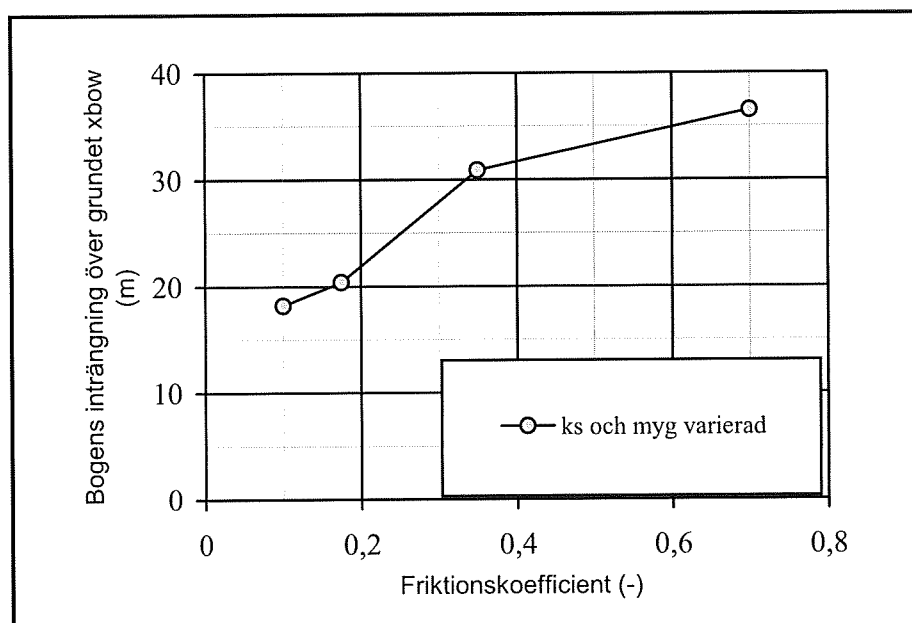


Fig. 7 Bogens inträngning som funktion av friktionskoefficient

### 3.1 Kompletterande beräkning avseende passagerarfartyg typ Silja Symphony

Under arbetets gång uppstod diskussion om vad som händer med ett mindre fartyg, av den typ som frekvent trafikerar farleden i fråga. Därför har en kompletterande beräkning genomförts för Silja

---

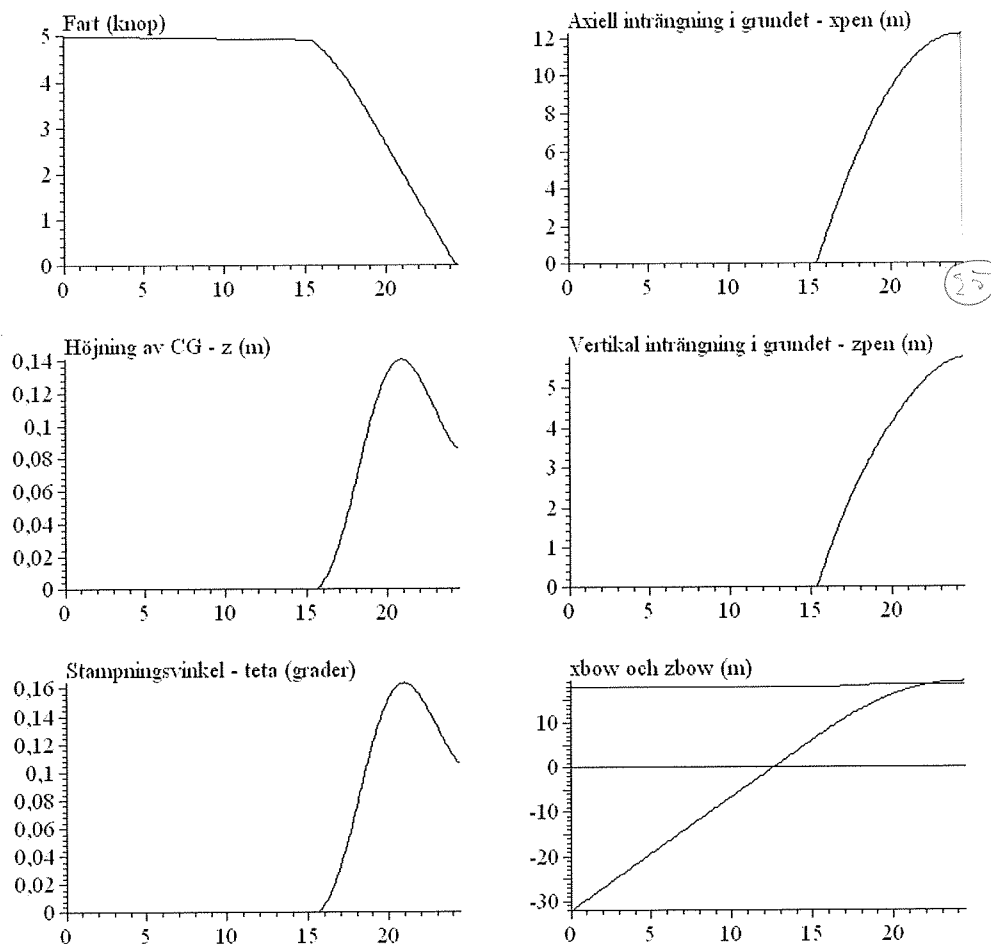
Symphony, som representerar denna typ. Här erhålles mindre bromssträcka, se

Fartyg	Fart (knop)	xpen (m)	z (°)	$\theta$ (°)	xbow (m)	zbow (m)
Silja S.	5	10.7	0.15	0.26	17.6	18.6
”	7	18.8	0.23	0.51	25.8	19.2

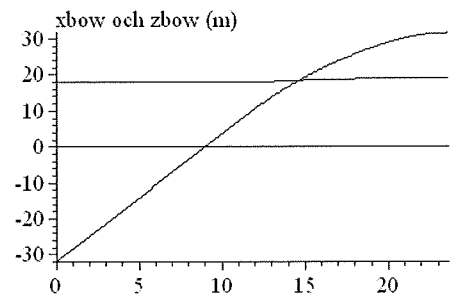
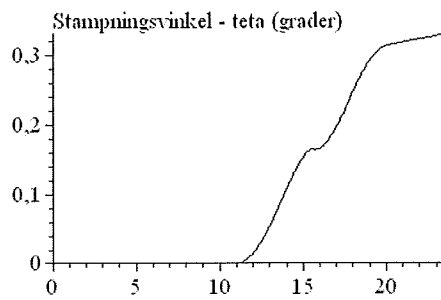
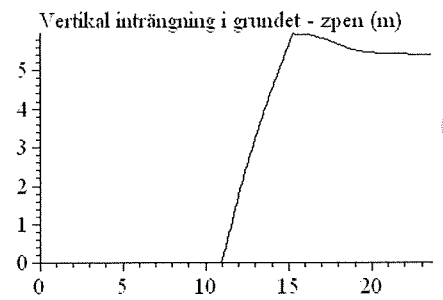
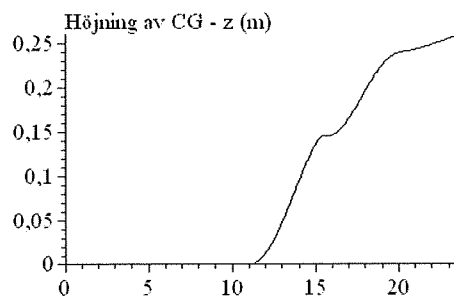
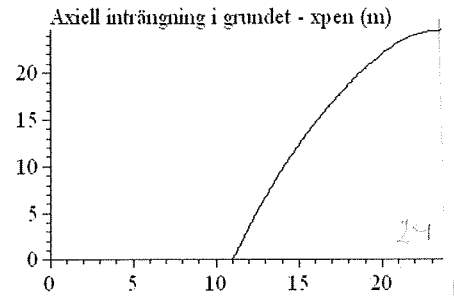
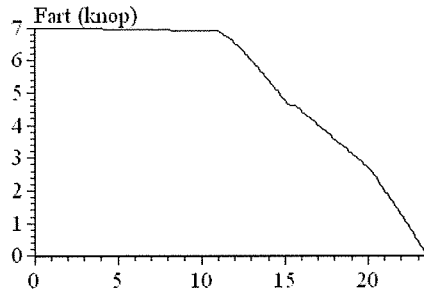
**Tabell 5 Resultat för Silja Symphony**

## Appendix A

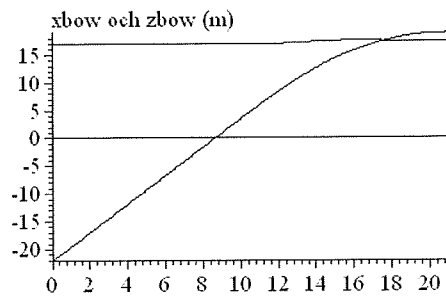
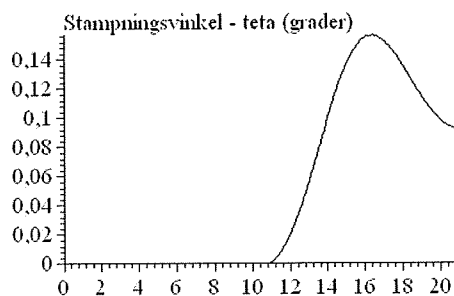
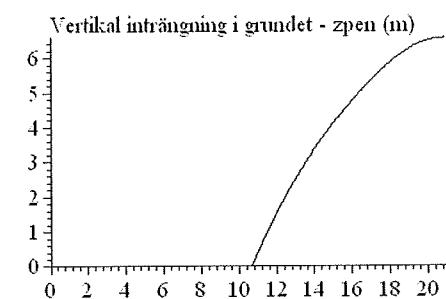
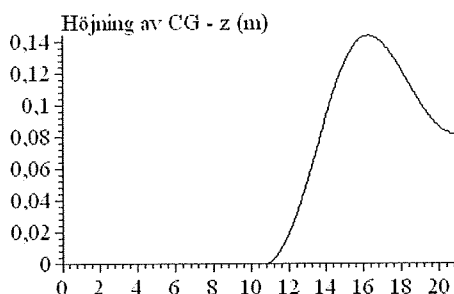
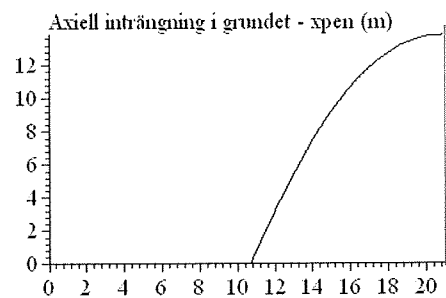
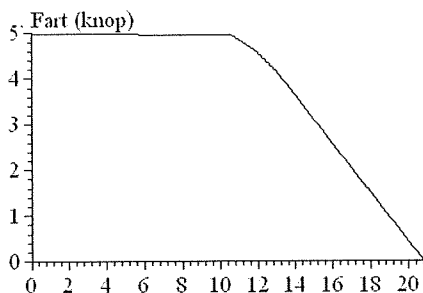
Längd=290 m och fart=5 knop



**Längd=290 m och fart=7 knop**

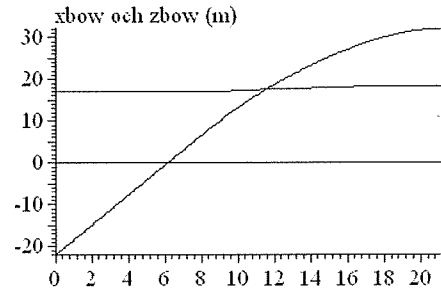
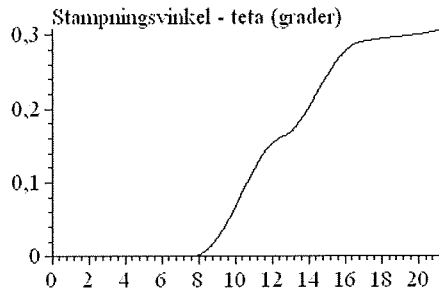
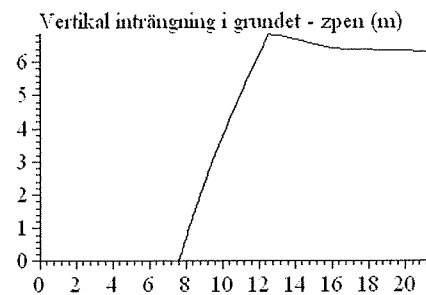
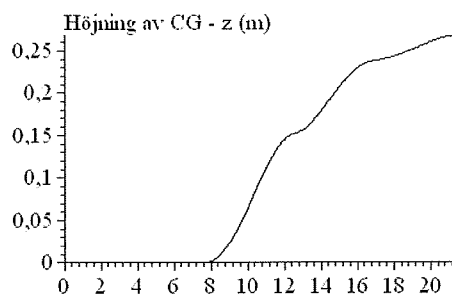
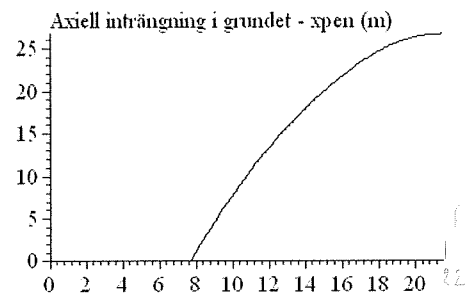
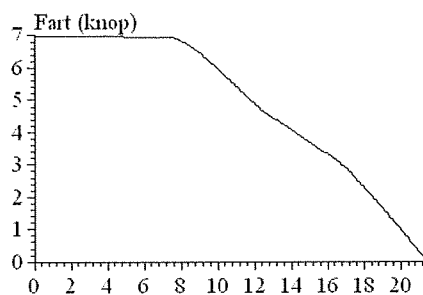


Längd=300 m och fart=5 knop



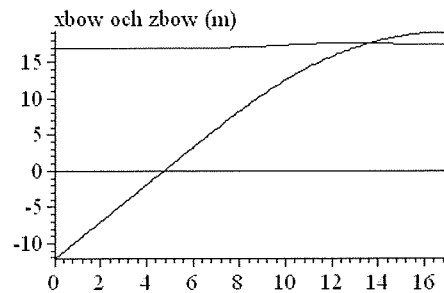
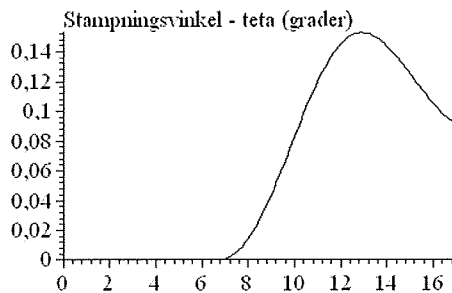
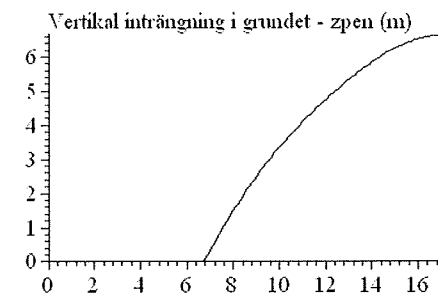
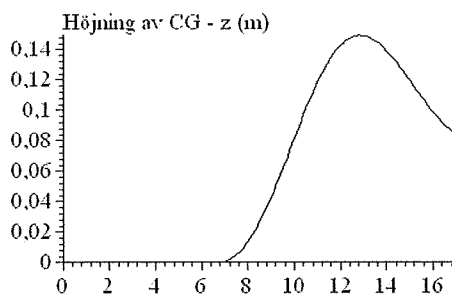
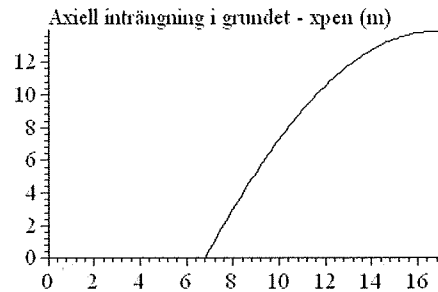
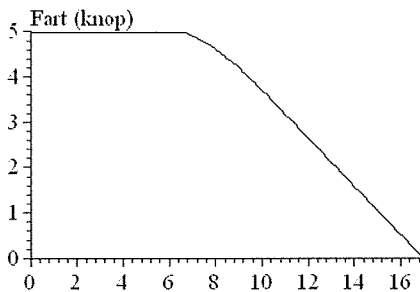
806  
21

**Längd=300 m och fart=7 knop**





**Längd=320 m och fart=5 knop**



16.5  
17

**Längd=320 m och fart=7 knop**

