

# **SURRNINGSMETODER MED STÖTTOR FÖR VIRKESDÄCKSLASTER**

**- En jämförande studie med modellförsök**

Daniel Norlander



42:2018

Datum för godkännande: 05.06.2019

Handledare: Philippe Chanfreau

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Sjökapten
<b>Författare:</b>	Daniel Norlander
<b>Arbetets namn:</b>	Surrningsmetoder med stöttor för virkesdäckslaster – en jämförande studie med modellförsök
<b>Handledare:</b>	Philippe Chanfreau

### Abstrakt

Fartyg som kör virkesdäckslaster är olycksdrabbade och många virkesdäckslaster förloras överbord. Trots detta är lastsäkring av virkesdäckslaster en relativt outforskad del av sjöfartsindustrin. Här testas därför effektiviteten av en ny metod att surra virkesdäckslaster som i arbetet kallas Baltic Lashing Method. Det är en metod där stöttor används mer aktivt i surrningen än vad som är vanligt. Detta görs genom lutningstester i en modell där metoden jämförs med en metod som är mer lik dem som används i praktiken idag och som redan finns beskriven i lastsäkringsrekommendationer. Jämförelsen görs med hänseende till lastförskjutning, kraft i surringar och kraft på stöttor.

### Nyckelord (sökord)

lastsäkring, virkesdäckslast, surrningsmetoder

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
42:2018	1458-1531	Svenska	45 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
20.05.2019	30.11.2018	05.06.2019

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Nautical Science
<b>Author:</b>	Daniel Norlander
<b>Title:</b>	Lashing Methods for Timber Deck Cargoes Using Uprights, a Comparative Study
<b>Academic Supervisor:</b>	Philippe Chanfreau

### Abstract

Ships carrying timber deck cargoes are often involved in accidents and many shipments get lost overboard. Despite this, securing of timber deck cargos is a relatively unexplored part of the shipping industry. A new way of lashing timber deck cargo called Baltic Lashing Method is therefore tested in this study. It's a method where uprights are used more actively in the lashing arrangement. This is carried out through inclination tests in a model where the method is compared with a more conventional method described in cargo securing recommendations. The comparison is done regarding cargo shifting, strength on lashings and strength on uprights.

### Keywords

cargo securing, timber deck cargo, lashing methods

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
42:2018	1458-1531	Swedish	45 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
20.05.2019	30.11.2018	05.06.2019

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1	Syfte	7
1.2	Frågeställningar	7
1.3	Avgränsningar	8
<b>2</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>9</b>
2.1	Timmerkoden (TDC 2011)	9
2.2	TIMRA-projektet	10
<b>3</b>	<b>METOD</b>	<b>12</b>
3.1	Modellförsök	12
3.2	Simulering av tvärskeppsacceleration	13
<b>4</b>	<b>RESULTAT AV FÖRSÖK MED VIRKESPAKET</b>	<b>15</b>
4.1	Surrningsmetoder	15
4.1.1	Baltic Lashing Method	15
4.1.2	Top Over Lashing+HOG	16
4.1.3	Top Over Lashing	16
4.2	Jämförelse av lastförskjutning mellan de tre olika metoderna	17
4.2.1	Förspänning 2N	17
4.2.2	Förspänning 4N	18
4.2.3	Förspänning 8 N	18
4.3	Jämförelse av kraft i surrningar vid försök med virkespaket	19
4.3.1	Förspänning 2N	19
4.3.2	Förspänning 4N	20
4.3.3	Förspänning 8N	21
<b>5</b>	<b>RESULTAT IFRÅN FÖRSÖK MED RUNDVIRKE</b>	<b>23</b>
5.1	Surrningsmetoder	24
5.1.1	Baltic Lashing Method (BLM)	24
5.1.2	Top Over Lashing+HOG (TOL+HOG)	24
5.1.3	Atlantic Loop-Lashing (ALM+HOG)	25
5.2	Jämförelse av lastförskjutning vid försök med rundvirke	25
5.2.1	Förspänning 4N	25
5.2.2	Förskjutning med ALM+HOG försök 1&2	27
5.3	Jämförelse av kraft i surrningar vid försök med rundvirke	27
5.3.1	Förspänning 4N	27
5.4	Kraft på stöttor	28
5.4.1	Kraft på stöttor vid 4 N förspänning	29
<b>6</b>	<b>FÖRSÖK MED RUNDVIRKE OCH FASTA STÖTTOR</b>	<b>31</b>
6.1	Jämförelse av kraft i surrningar	33
6.1.1	Kraft i surrningar med de övre stöttorna fria på gångjärn	33
6.1.2	Kraft i surrningar med det övre paret stöttor fast	34
6.2	Total kraft i surrningarna med det övre paret stöttor fastmonterat	35
6.3	Tryck på stöttor när det övre paret är fastmonterat	35
<b>7</b>	<b>BORTFALL AV STÖTTOR</b>	<b>37</b>
7.1	Resultat ifrån försöken med bortfallna stöttor	40
7.1.1	Förskjutning	40
7.1.2	Kraft i surrningar	41
<b>8</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>42</b>
8.1	Försök med virkespaket	42

<b>8.2 Försök med rundvirke</b>	<b>42</b>
8.2.1 Kraft i surningar	42
8.2.2 Kraft på stöttor	43
<b>8.3 Försök med rundvirke och ett par stöttor fastmonterade</b>	<b>43</b>
<b>8.4 Försöken med bortfallna stöttor</b>	<b>43</b>
<b>9 SLUTSATS</b>	<b>44</b>
<b>LITTERATURFÖRTECKNING</b>	<b>45</b>

# 1 INLEDNING

Fartyg med virkesdäckslaster är ofta olycksdrabbade så för att förbättra situationen kom IMO (*International Maritime Organization*) ut med en rekommendation redan år 1972 som syftar till att förbättra säkerheten genom att ge rekommendationer till hur timmerdäckslaster ska surras. Rekommendationen heter Code of safe practice for ships carrying timber deck cargoes (TDC). Rekommendationen har sedan dess förnyats år 1991 med IMO resolution A.175(17) och senast år 2011 med resolution A.1048 (27) vilket är en helt ny rekommendation TDC-2011.

I den senaste revisionen deltog Högskolan på Åland genom Philippe Chanfreau tillsammans med företaget MariTerm AB i ett svenskt projekt döpt TIMRA-projektet. Syftet med projektet var delvis att ta fram formler som bestämmer vilken hållfasthet som krävs för stöttor som används vid timmerdäckslaster samt att avgöra hur många surringar som krävs för en specifik last. Resultaten ifrån TIMRA-projektet är publicerade i den senaste versionen av ”Timmerkoden” TDC-2011.

Under TIMRA-projektet gjordes fullskaliga tester för att undersöka vilka krafter stöttor utsätts för i lutningsförsök. Samma tester gjordes också med en surrningsmetod kallad *Loop-lashing method* för att avgöra hur mycket lasten som bestod av virkespaket förskjuts med denna metod. Dessa tester är dyra att genomföra i full skala, därför togs också en modell fram vid Högskolan på Åland.

Säkring av timmerlaster är ett relativt utforskat ämne. Stora delar av TDC 2011 är hämtade direkt ifrån TIMRA-projektet. IMO:s ”Timmerkod” är i och med detta begränsad i antal surrningsmetoder som föreslås. Det är därför intressant att undersöka om det finns nya metoder att surra virkesdäckslast som är effektivare ur lastsäkringssynpunkt och som ändå är praktiska att använda vid lastning och lossning.

Eftersom att en modell-testanläggning som lämpar sig väl för sådana tester redan fanns vid Högskolan på Åland föll det sig naturligt att göra detta genom en jämförelse av modelltester.

I ”Timmerkoden” rekommenderas användning av en HOG-surning för att fördela trycket på stöttorna när sådana används. HOG är en surring som går mellan två motstående stöttor, och

ska enligt instruktionerna dras genom lasten vid ungefär tre fjärdedelar av den totala höjden. (International Maritime Organization (IMO), 2011)

Den här undersökningen jämför ett annat sätt att inkludera stöttorna i surrningen, genom att en surrning fästs i däckets och sedan dras över lasten och fästs i motstående stötta. Denna metod kallas här Baltic Lashing Method (BLM)

Denna metod jämförs med en metod som finns beskriven i "Timmerkoden" och inbegriper en överfallssurrning med en HOG-surrning som istället för att dras genom lasten dras mellan stöttorna ovanför lasten. Denna metod kommer att kallas Top Over Lashing+HOG (TOL+HOG)

## 1.1 Syfte

Jag har tillsammans med Philippe valt ut en ny surrningsmetod, Baltic Lashing Method (BLM) *fig 4.1* som jämförs med Top Over Lashing+HOG (TOL+HOG) *fig 4.2*. Syftet är att jämföra effektiviteten av dessa genom modelltester.

Testerna är uppdelade i försök med virkespaket och försök med rundvirke.

Resultaten av försök med virkespaket inkluderar resultat ifrån tidigare försök med metoden Top Over Lashing utan stöttor *fig 4.3* som är rekommenderad i "Timmerkoden" som jämförelse. Testerna med TOL utan stöttor gjordes under 2016 av Philippe Chanfreau de andra testerna gjordes i år i samma modell som användes i TIMRÅ-projektet.

I försök med rundvirke görs även tester med en surrningsmetod som här kallas Atlantic Loop-lashing Method+HOG (ALM+HOG) *fig 5.4*

## 1.2 Frågeställningar

Jag vill undersöka om lastens förskjutning skiljer sig mellan de två surrningsmetoderna Top Over Lashing (TOL+HOG) och Baltic Lashing Metod (BLM). Jag undrar också om man kan avgöra vilken av metoderna som är mest skonsam mot surrningar och stöttor.

### 1.3 Avgränsningar

Testerna görs endast i en modell där helt skalenlig förspänning på surringar inte har fastställts. Surringarnas töjning är ej heller jämförd med den hos surringar i realistisk skala.

Stöttorna i modellen är fästade i gångjärn, i verkligheten är dessa fasta. Detta görs för att bättre kunna avgöra surringarnas verkan för att motverka förskjutning i försöken. Det ger även en bättre möjlighet att kunna mäta lastens tryck på stöttorna.



## 2 BAKGRUND

Benämningen Baltic Lashing Method är en variant av benämning på metoden lånad av ett företag i Nya Zeeland som heter Bain shipping service och kan kopplas till en man vid namn Ian Shirkey

Han har trott mycket på denna typ av metod att surra virkesdäckslast och även fått den publicerad i en säkerhetsbulletin utfärdad av den Nya Zeeländska maritima sjösäkerhetsmyndigheten. (Maritime New Zealand, 2014)

Några tester av metoden har dock inte kunnat hittats.

Litteraturstudier är alltså begränsade i arbetet då officiell litteratur i ämnet är svårt att hitta. Arbetet har IMO:s ”timmerkod” som utgångspunkt då det är det enda officiella internationella instruktionerna till säker surring av virkesdäckslast. TIMRA-projektet har också studerats för att säkerställa att försöken görs med vedertagna metoder.

### 2.1 Timmerkoden (TDC 2011)

Code of safe practice for ships carrying timber deck cargoes 2011 är rekommendationer från IMO (*International Maritime Organisation*) gällande säker stuvning och surring av virkesdäckslaster.

IMO är en organisation under FN vars syfte är att skapa ett internationellt regelverk gällande säkerhet och miljöfrågor inom sjöfartsindustrin.

Timmerkoden (TDC 2011) är dock som nämnts tidigare rekommendationer och är därmed inte bindande för medlemsnationerna.

Kodens syfte är att säkerställa att timmerdäckslaster är lastade, stuvade och surrade på ett sätt som så långt som praktiskt möjligt förhindrar att lasten utgör fara för fartyget och personer ombord samt förhindra att lasten förloras överbord.

Lastsäkringsarrangemang för timmerdäckslaster ska möjliggöra en säker men rationell säkring av lasten. Lasten ska hindras från att kollapsa, glida eller tippa i någon riktning på grund av de accelererande krafter en last utsätts för under en sjöresa.

”Timmerkoden” innehåller information som kan underlätta att säkerställa detta samt metoder för att beräkna hur många surrningar som krävs för en specifik last och vilken dimension som behövs på stöttor som används för säkring av lasten (International Maritime Organization (IMO), 2011).

## 2.2 TIMRA-projektet

TIMRA-projektet var ett samarbete mellan Högskolan på Åland och MariTerm AB under ledning av det svenska sjöfartsverket. Projektet pågick från 2007 till 2011 och var en del av ett revisionsarbete av

Code of safe practice for ships carrying timber deck cargoes (”Timmerkoden”) (International Maritime Organization (IMO), 2011).

Under TIMRA-projektet togs praktiska metoder för att undersöka timmerlasters karaktäristik fram.

Man ville bland annat undersöka

- Formstabilitet av virkespaket
- Lastsäkringsarrangemangs beteende vid olika påfrestningar
- Ras-vinklar för löst stuvade rundvirkeslaster
- Utbredning av kraft som laststöttor utsätts för

Detta gjordes delvis genom fullskaliga lutningstester (*Figur 2.1*). Liknande lutningstest gjordes även för att fastställa timmerlasters olika friktionskoefficienter mot ett lastdäck. Friktionskoefficienter för laster och lastdäck täckta av snö och is togs också fram.



*Figur 2.1 Fullskaletest under TIMRA-projektet i Sundsvalls Hamn, februari 2008 (MariTerm AB, 2008)*

Högskolan på Ålands arbete under projektet koncentrerades till att ta fram formler för att beräkna vilken hållfasthet som krävs på stöttor som håller timmerdäckslaster. Underlaget till detta arbete gjordes främst genom modelltester i den modell som togs fram i Högskolan på Ålands lokaler (*figur 2.2*).

Arbetet under TIMRA-projektet resulterade i en helt ny Timmerkod (TDC 2011) (MariTerm AB, 2008).



*Figur 2.2 Modelltest vid Högskolan på Åland*

## 3 METOD

Testerna har gjorts i den modell-testanläggning vid Höskolan på Åland som användes under TIMRA-projektet. Arbetet under TIMRA-projektet har också studerats för att arbetsmetoderna i detta arbete så långt som möjligt ska likna redan vedertagna metoder. Hur ett modelltest går till beskrivs delvis nedan och sedan närmare i resultatkapitel 4 och 5.

### 3.1 Modellförsök

Jämförelserna har gjorts i en modell i Höskolan på Ålands lokaler som består av en skiva som ställs i vinklar mellan  $0^\circ$  och  $42^\circ$  och simulerar på så sätt ett lastdäck på ett fartyg. *Se figur 2.1.*

Lasten består av virkespaket eller rundvirke. Lastens förflyttning mäts vid några bestämda lutningar, detta beskrivs närmare i Resultatkapitel 4 och 5. Mått finns beskrivna i en modellspecifikation i bilagor.

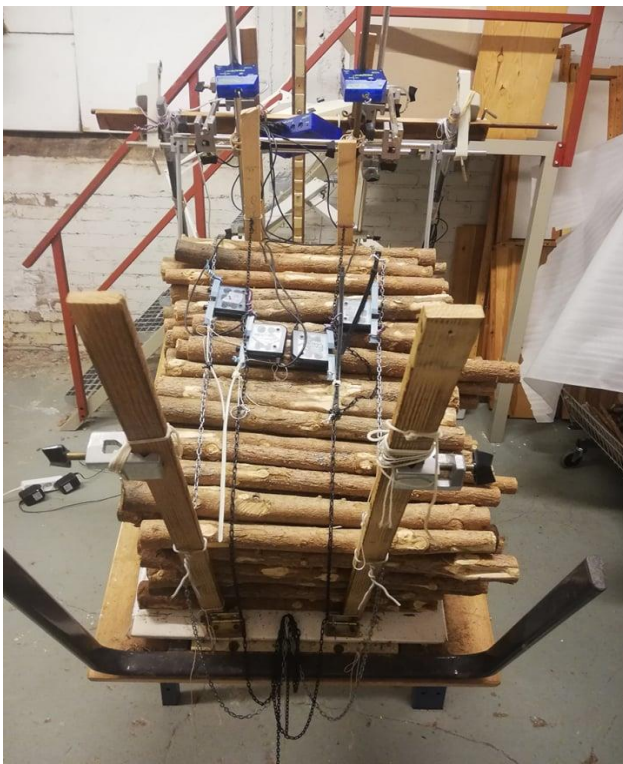
Surningarna är av kätting och är utrustade med dynamometrar som är kopplade till en datalogg (Pasco Xplorer GLX) som visar belastningen i varje surring. Belastningen registreras genom hela försöket.

Varje resultatdiagram som redovisas i rapporten grundar sig på ett medelvärde av tre sådana försök.

Den största kraft som påverkar en longitudinellt lastad däckslast är orsakad av tvärskeppsacceleration. Hur denna kraft simuleras i försöken beskrivs nedan under 3.2 Tvärskeppsacceleration. *Figur 3.1 och 3.2* visar bilder på testanläggningen.



*Figur 3.1 Testanläggning vid  $\theta=0^\circ$  och virkespaket som last.*



*Figur 3.2 Testanläggning med rundvirke som last. I bilden kan man se kättingarna som används som surringar och GLXens kraftsensorer.*

## 3.2 Simulering av tvärskeppsacceleration

När ett fartyg rullar utsätts lasten för en tvärskeppsacceleration. Detta inträffar inte i modellen. Här utsätts lasten endast för gravitationskraft genom lutningsvinkeln. Denna kraft bromsas av lastens friktion mot materialet på modellens däck.

Friktionskoefficienten har bestämts genom glidningsförsök och benämns härnäst som  $\mu$ . Glidningsförsök innebär att virkespaketen ställs på modellens lastdäck. Skivan vinklas sedan och den vinkel där lasten börjar glida noteras och benämns här  $\theta$ . Friktionskoefficienten bestäms sedan genom formeln  $\mu = \tan(\theta)$ . För rundvirke görs samma sak, stocken läggs dock i tvärskeppsled för att förhindra att den börjar rulla.

Tvärskeppsaccelerationen  $a_t$  kan nu simuleras i modellen genom lutning ( $\theta$ ). Formeln  $a_t = g(\sin\theta + \mu(1 - \cos\theta))$  där  $g$  är tyngdaccelerationen  $9,82 \text{ m/s}^2$  ger sambandet. Denna formel kan härledas genom att sätta formeln för horisontell acceleration lika med formeln för gravitationskraftens påverkan på en enhets acceleration på ett lutande plan,  $ma_t - \mu mg = mg \sin(\theta) - \mu mg \cos\theta$ . Friktionstalet uppmättes till  $\mu = 0,49$  för virkespaketen och  $\mu = 0,50$  för rundvirke. Detta ger tvärskeppsaccelerationer enligt *tabell 2.1* och *tabell 2.2* nedan.

*Tabell 2.1 tvärskeppsacceleration för virkespaket    Tabell 2.2 tvärskeppsacceleration för rundvirke*

$\theta(^{\circ})$	$a_t(\text{m/s}^2)$
0	0,00
5,5	0,96
9,5	1,69
14	2,52
20	3,65
24	4,41
28	5,17
33	6,12
37	6,87
42	7,80

$\theta(^{\circ})$	$a_t(\text{m/s}^2)$
0	0,00
5,5	0,96
9,5	1,69
14	2,52
20	3,66
24	4,42
28	5,19
33	6,14
37	6,90
42	7,83

## 4 RESULTAT AV FÖRSÖK MED VIRKESPAKET

Försöken med virkespaket gjordes med tre olika förspänningar på surringarna, 2N, 4N och 8N (N=Newton). Försöken gjordes tre gånger med vardera förspänning, dvs totalt 18 försök med BLM och TOL+HOG. Resultaten ifrån TOL utan stöttor har tagits från tidigare försök gjorda under 2016 av Philippe Chanfreau. Virkespaketens position mäts och noteras vid  $\theta=0$ . Positionen mäts sedan igen vid  $\theta=14^\circ$ ,  $\theta=20^\circ$ ,  $\theta=28^\circ$  och  $\theta=37^\circ$ . Den förskjutning som presenteras i diagrammen nedan är ett medelvärde av den sammanslagna förskjutningen av varje paket summerad radvis ifrån de tre försöken med varje förspänning.

Den kraft som surringarna utsätts för registreras igenom hela försöket av dynamometrar kopplade till varje surring. *Figur 4.1* visar ett försök med surringsmetoden *Baltic Lashing Method* och virkespaket.



*Figur 4.1 modell vid  $\theta=5,5^\circ$*

### 4.1 Surringsmetoder

#### 4.1.1 Baltic Lashing Method

Surringarna fästs i surringsfästen i däck och dras över lasten och fästs i vertikalt monterade stöttor som är monterade mitt emot surringsfästena. Se *figur 4.2*

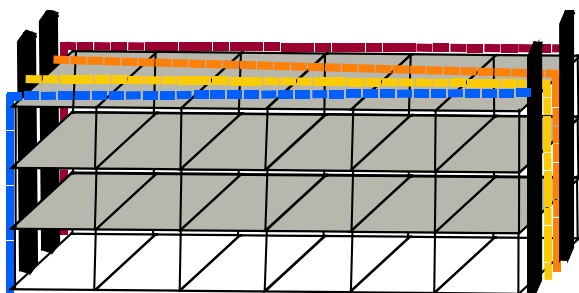


Fig 4.2 Baltic Lashing Method

#### 4.1.2 Top Over Lashing+HOG

Hog lashing innebär att en surrning fästs mellan varje stötta. Detta kompletteras sedan med två Top Over Lashings som fästs i surrningsfästen i däck och dras över lasten. Se *figur 4.3*.

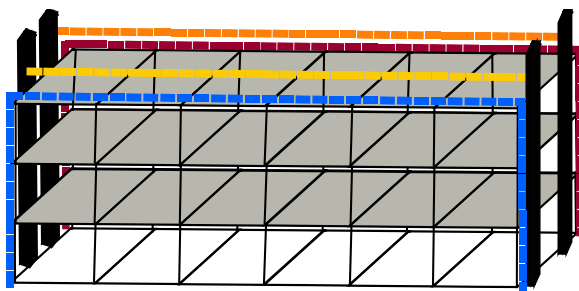
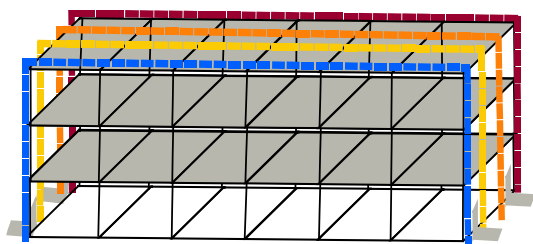


Fig 4.3 Top Over Lashing+Hog

#### 4.1.3 Top Over Lashing

Vanlig TOL dvs överfallssurrning saknar stöttor men inkluderar en klack på vardera sidan som hindrar det understa lagren längst ut från att glida och består som nämnts av surrningar som går över hela lasten och fästs i surrningsfästen i däck.

I försöken med TOL används inte stöttor, dock används klackar som hindrar det understa paketen i ytterkanterna från att glida i tvärskeppsled, detta enligt krav i ”timmerkoden”. Se *figur 4.4*



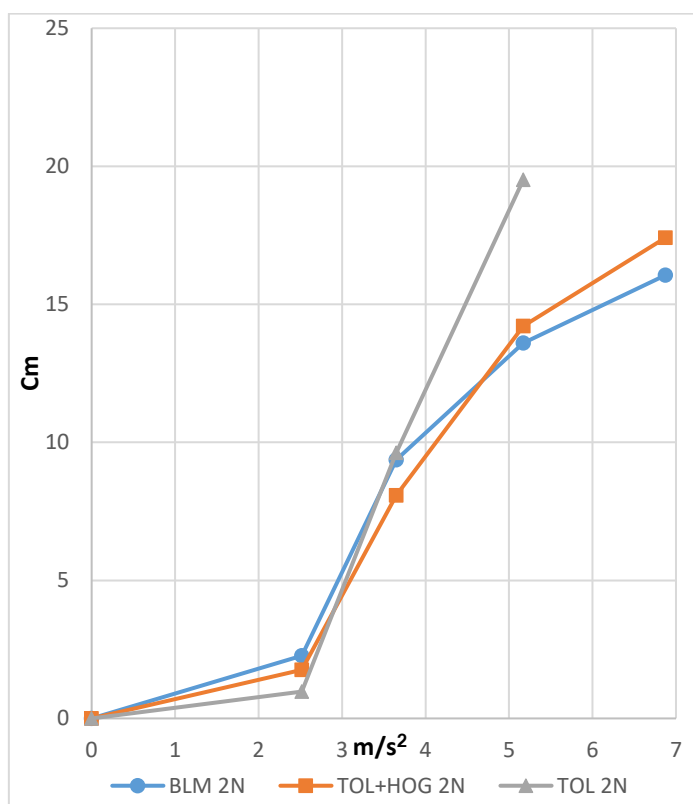


## 4.2 Jämförelse av lastförskjutning mellan de tre olika metoderna

Här presenteras ett medelvärde av förskjutningen av virkespaketen i lutningstesterna. Förskjutningen har mätts vid lutningarna  $\theta=14^\circ$ ,  $\theta=20^\circ$ ,  $\theta=28^\circ$  och  $\theta=37^\circ$ . Detta simulerar tvärskeppsaccelerationerna  $a_t=2,52\text{m/s}^2$ ,  $3,65\text{m/s}^2$ ,  $5,17\text{m/s}^2$ ,  $6,87\text{m/s}^2$  i modellförsöken. Försöken med TOL saknar mätning vid  $\theta=37^\circ$  vilket syns i diagrammen. Förskjutningen presenteras i centimeter och är medelvärdet av varjepakets förflyttning summerad radvis vid de olika mätningpunkterna. Försöken med TOL har gjorts utan stöttor.

### 4.2.1 Förspänning 2N

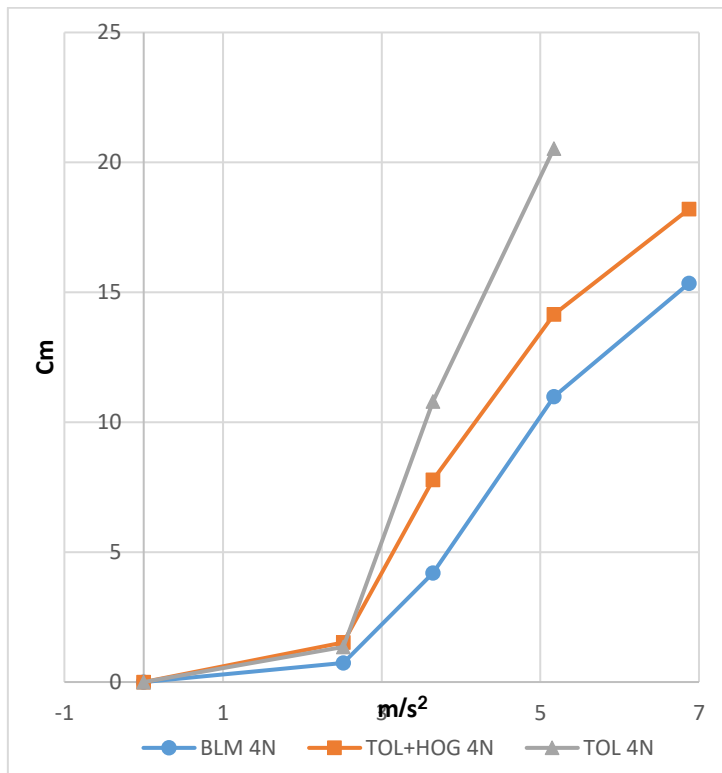
Förskjutningen av lasterna surrade med BLM och TOL+HOG är som man kan vänta sig lägre eftersom att stöttor används vid dessa två metoder. Det är knappt någon skillnad i förskjutning mellan de två metoderna med denna förspänning. Se figur 4.5



Figur 4.5 Förskjutning av virkespaket vid FSP 2N

### 4.2.2 Förspänning 4N

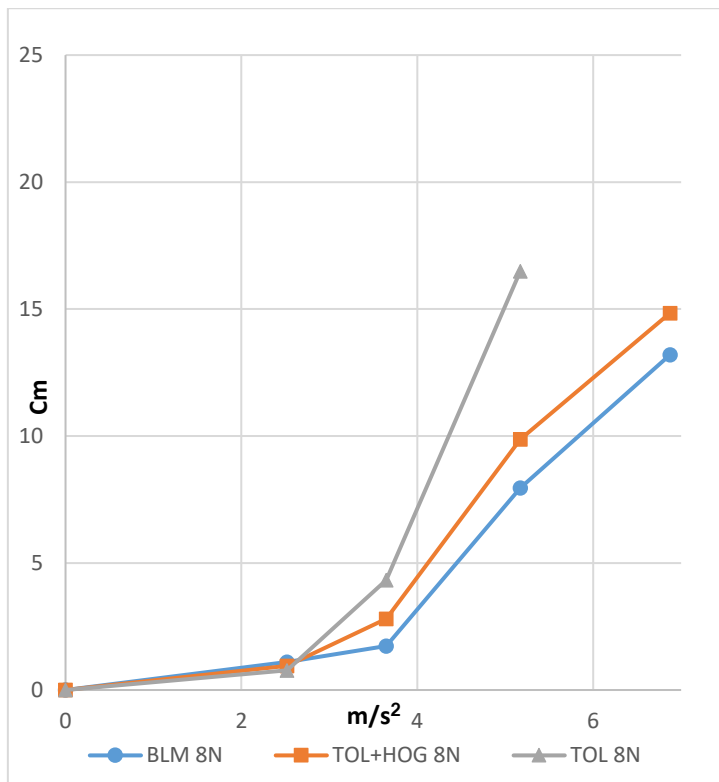
Vid denna förspänning blir skillnaden i förskjutning mellan de olika surrningsmetoderna som störst. Se *fig 4.6*



*Figur 4.6 Förskjutning av virkespaket vid FSP 4N*

### 4.2.3 Förspänning 8 N

Här blir skillnaden återigen något mindre men BLM har fortsatt mindre förskjutning. Se *figur 4.7*



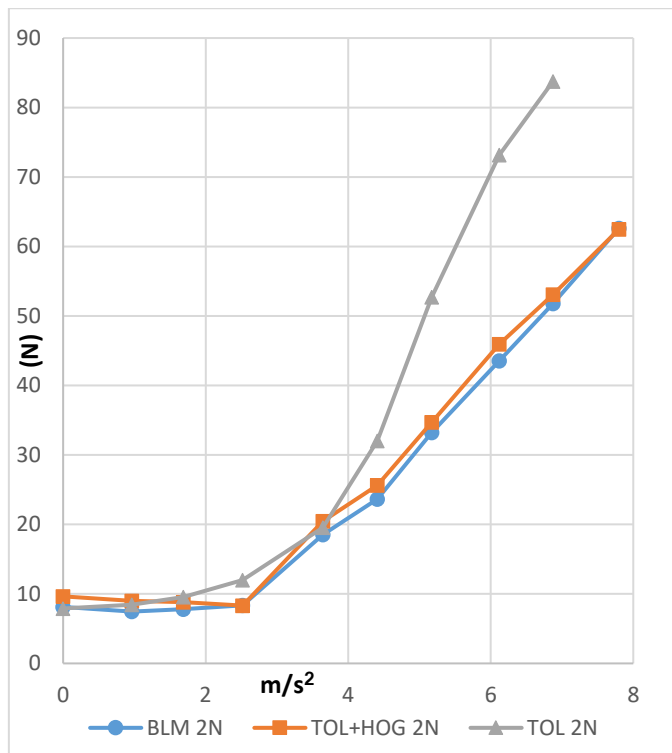
Figur 4.7 Förskjutning av virkespaket vid FSP 8N

### 4.3 Jämförelse av kraft i surrningar vid försök med virkespaket

Här presenteras ett medelvärde av den sammanlagda kraften i N (Newton) i alla surrningar ifrån försöken med olika förspänning. När man ser på dessa diagram bör man beakta att den totala kraften i surrningarna vid försök med BLM mestadels koncentreras i två aktiva surrningar. (Se bilaga 2)

#### 4.3.1 Förspänning 2N

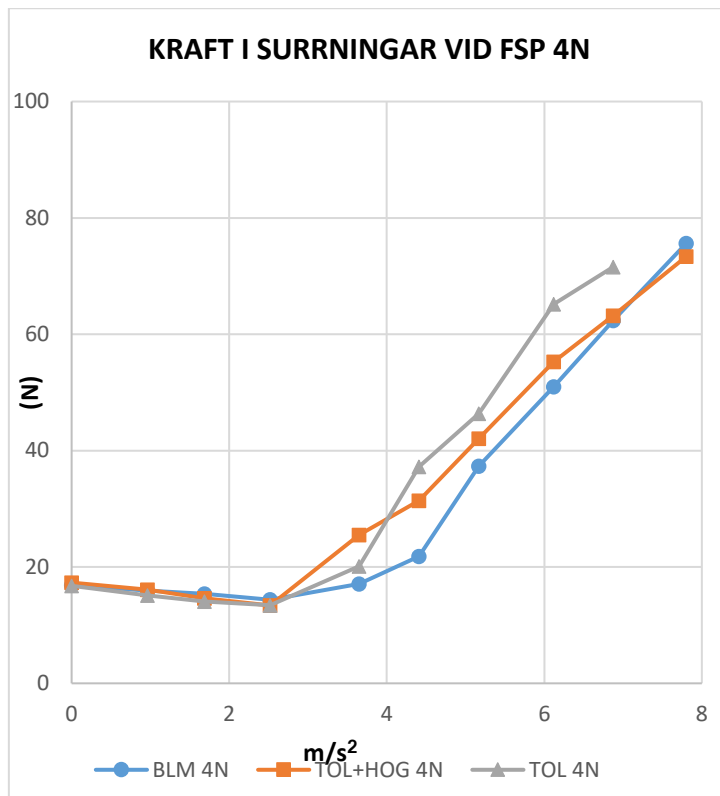
Man kan konstatera att stöttor effektivt avlastar surrningarna. Det är dock mycket liten skillnad mellan BLM och TOL+HOG. Se *figur 4.8*



Figur 4.8 Kraft i surringar vid FSP 2N

#### 4.3.2 Förspänning 4N

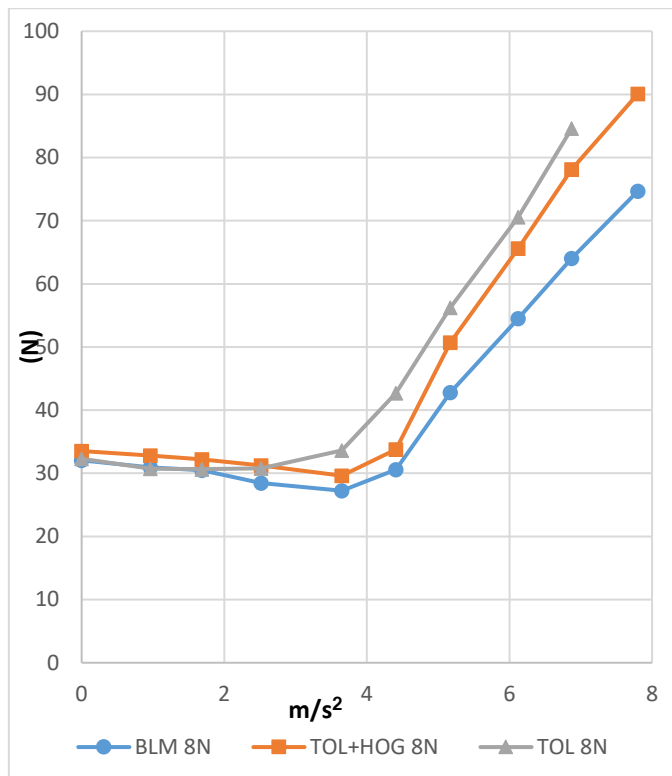
På samma sätt som i resultaten för förskjutning blir skillnaderna mellan BLM och TOL+HOG som störst vid 4N förspänning. Se figur 4.9



Figur 4.9

### 4.3.3 Förspänning 8N

Här minskar skillnaden mellan TOL utan stöttor mot BLM och TOL+HOG. Då även förflyttningen vid denna förspänning blir liten kan detta tolkas som att förspänningen är orealistisk. Dvs svår att uppnå vid en verklig virkeslast. Se *figur 4.10*



Figur 4.10 Kraft i surringar vid FSP 8N

## 5 RESULTAT IFRÅN FÖRSÖK MED RUNDVIRKE

När resultatet ifrån försöken med virkespaket analyserades kunde man konstatera att förskjutningen vid BLM och TOL+HOG inte skilde sig särskilt mycket vid förspänning 2N och 8N. Den största skillnaden uppträdde vid förspänning 4N. Därför utfördes försöken med rundvirke endast med förspänning 4N. Resultaten vid försök med virkespaket visade också att förflyttningen vid försök med TOL utan stöttor var betydligt större, det vore även olämpligt att lasta lös virke utan stöttor. Detta ledde till att försöken med denna surrningsmetod valdes bort.

Istället för TOL utan stöttor testades en annan metod som här kallas Atlantic Loop-lashing+HOG method (ALM+HOG) *fig 5.3*. Detta som en mer intressant kontroll av modellförsökens resultatutslag.

Försöken med rundvirke utfördes på likande sätt som de med virkespaket. Fyra stockar valdes ut i tre olika höjder. D.v.s. totalt 12 stockar, dessa stockars position mättes vid  $\theta=0^\circ$   $\theta=14^\circ$ ,  $\theta=20^\circ$ ,  $\theta=28^\circ$  och  $\theta=37^\circ$ . Detta motsvarar i modellförsöken tvärskeppsaccelerationer på  $2,52 \text{ m/s}^2$ ,  $3,66 \text{ m/s}^2$ ,  $5,19 \text{ m/s}^2$  och  $6,90 \text{ m/s}^2$ . (Se bilaga 3)

Kraften i varje surring registreras på samma sätt som i försöken med virkespaket. Se *figur 5.1*

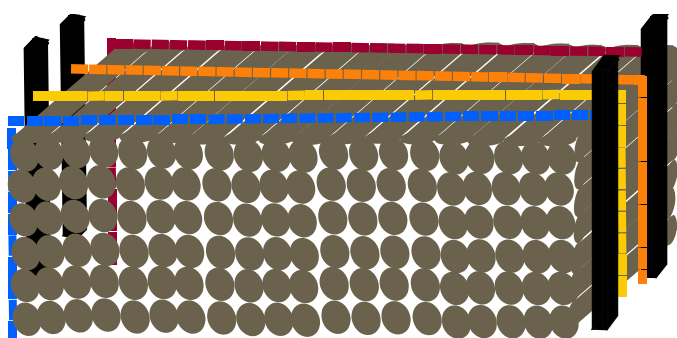


*Figur 5.1 Modellförsök med rundvirke*

## 5.1 Surrningsmetoder

### 5.1.1 Baltic Lashing Method (BLM)

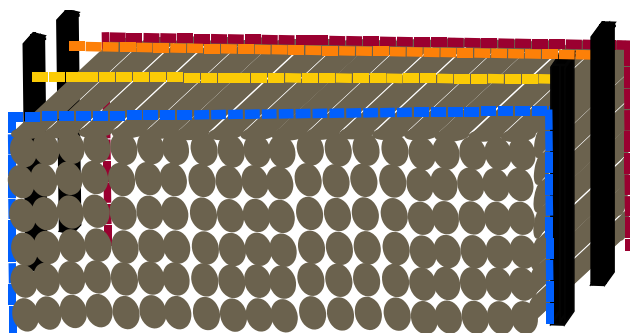
Surrningarna fästs på samma sätt som i försöken med virkespaket. De fästs alltså i surrningsfästen i däckets på ena sidan och dras sedan över lasten där de fästs i en vertikalt monterad stötta på motstående sida. Se *figur 5.2*



*fig 5.2 Baltic Lashing Method*

### 5.1.2 Top Over Lashing+HOG (TOL+HOG)

Riggningsen görs också här på samma sätt som i försöken med virkespaket. Två överfallssurrningar fästs i surrningsfästen i däckets och dras över lasten och fästs i surrningsfästen i däckets på andra sidan. Detta i kombination med två HOG-lashings som är fästade mellan varje motstående stötta. Se *figur 5.3*

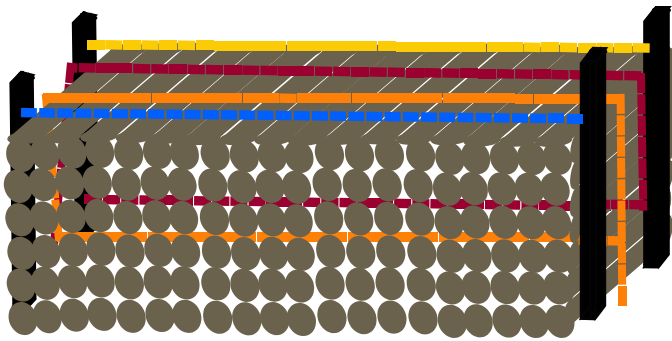


*Fig 5.3 Top Over Lashing+HOG*



### 5.1.3 Atlantic Loop-Lashing (ALM+HOG)

Denna metod testas endast med rundvirke. Det är en surrningsmetod som har visat sig mycket effektiv i tidigare försök med virkespaket och utan stöttor. I de här testerna fästs en surring i däckets och dras sedan igenom lasten vid ungefär en tredjedel av lastens totala höjd, den dras sedan upp och tillbaka över lasten och fästs i samma fäste som den andra ändan. En sådan surring är dragen åt vardera hållet och kombineras med två stycken HOG-lashings. Se *figur 5.4*



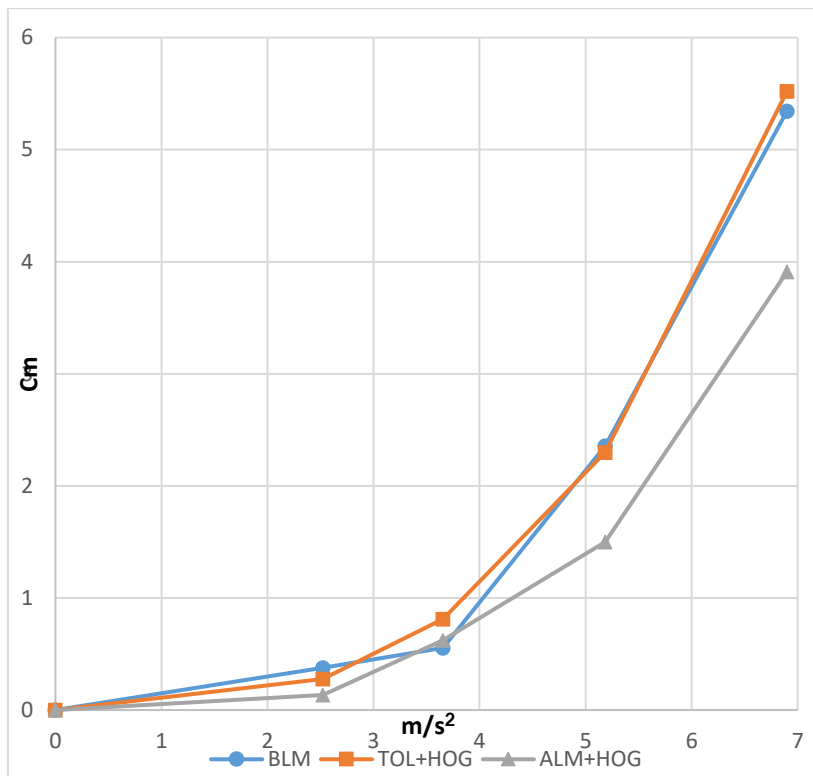
*Fig 5.4 Atlantic Loop-lashing*

## 5.2 Jämförelse av lastförskjutning vid försök med rundvirke

### 5.2.1 Förspänning 4N

Skillnaden av försök mellan BLM och TOL+HOG blev i dessa försök mycket liten även vid förspänning 4 N.

ALM+HOG har dock något mindre förskjutning än de båda andra. Se *figur 5.5*



Figur 5.5 Förskjutning av rundvirke vid FSP 4 N

ALM+HOG framstår här som en tydlig vinnare. Resultatet som visas här inkluderar dock inte det första försöket med metoden vilket visade en betydlig större förskjutning (*Diagram 5.2*).

Anledningen till varför resultatet från det första försöket inte är med i redovisningen ovan var att kättingen som går igenom lasten borde ha varit sträckt innan ytterligare last fortsattes att läggas över den. Så skedde inte i försöket utan kättingen trädde istället in vid en tredjedel av den totala höjden när modellen redan var lastad. Vid de följande försöken spändes surringarna på nytt efter att lasten satt sig.

Det resultatet bedömdes därför som mindre intressant samtidigt som slutsatsen att efterspanning av loop-surringarna blir av särskild vikt om metoden används under en verklig sjötransport kunde dras.

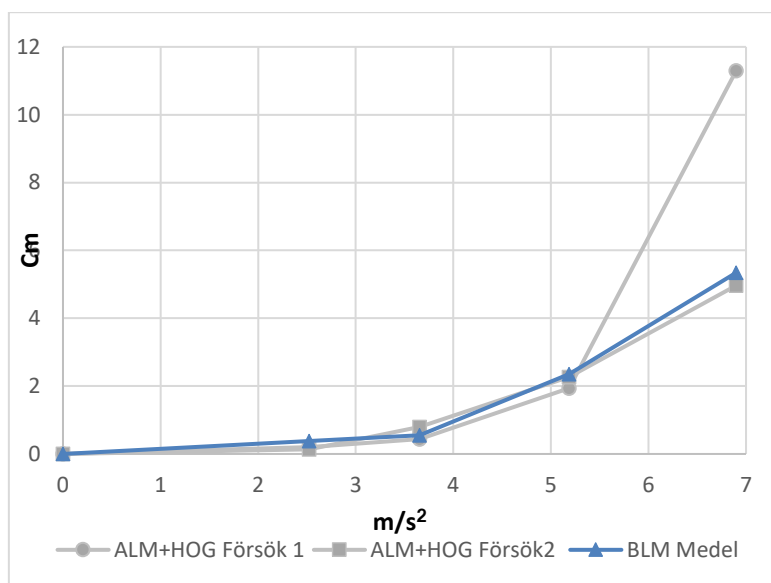
Resultatet i diagrammet ovan är grundat på de tre följande försöken efter det första försöket som fick räknas som en del i förspänningen av surringarna.

### 5.2.2 Förskjutning med ALM+HOG försök 1&2

Diagrammet visar den stora skillnaden i förskjutning mellan försök 1&2 med ALM+HOG.

I försök 2 med ALM+HOG blev förskjutningen något lägre än det totala medelvärdet av förskjutning i försök med BLM. Se *figur 5.6*

Försök 3&4 gav ett mycket liknande resultat som försök två



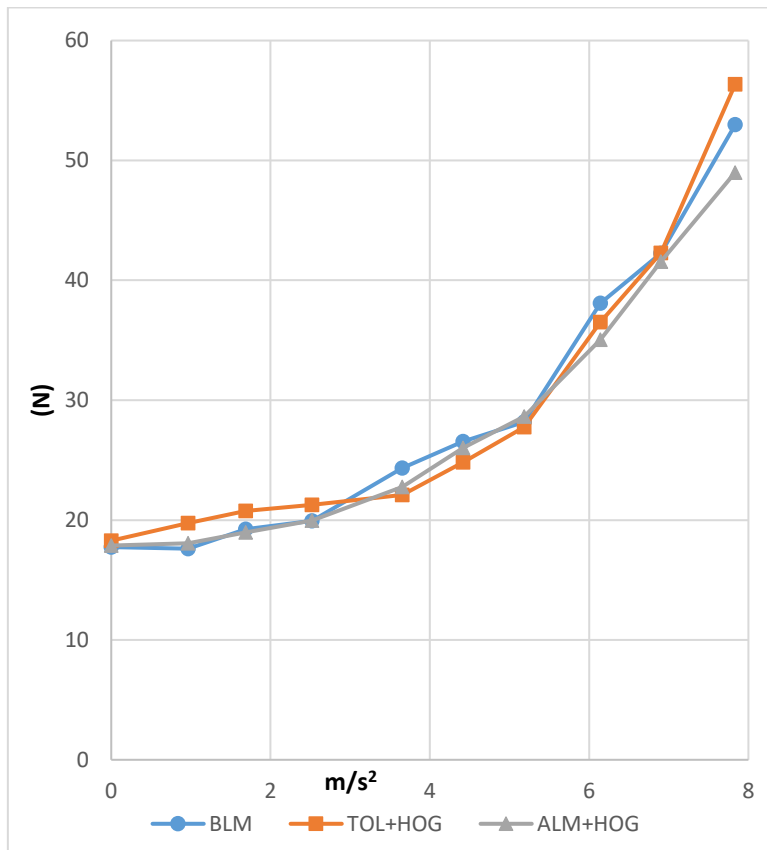
*Figur 5.6 Diagram över förskjutning i ALM+HOG försök 1&2 jämfört med medelvärde av förskjutningen i försök med BLM.*

## 5.3 Jämförelse av kraft i surrningar vid försök med rundvirke

Här presenteras ett medelvärde av den sammanlagda kraften i N (Newton) i alla surrningar ifrån försöken med rundvirke. Även här bör man beakta att två av de fyra surrningarna tar upp mer belastning i Baltic Lashing Method (BLM). I metoden ALM+HOG spelar också en enskild av de två loopsurrningarna en större roll än den andra, nämligen den loop-surrning som bildar sin buk åt det håll som modellen lutar.

### 5.3.1 Förspänning 4N

Den totala kraften utvecklar sig på ett likartat sätt genom försöken med rundvirke och 4N förspänning. Se *figur 5.7*



Figur 5.7 Kraft i surringar, rundvirke FSP 4N

## 5.4 Kraft på stöttor

Försöken med att mäta förskjutningen av rundvirkeslasten gav små utslag och någon större skillnad mellan BLM och TOL+HOG var svår att urskilja pga liten total rörelse av lasten. Därför gjordes också försök att mäta hur mycket de olika metoderna avlastar den kraft som stöttorna utsätts för under lutningsförsöken med rundvirkeslasten.

Detta görs genom att ytterligare två dynamometrar fästs i de nedre stöttorna ovanför surringarna. De övre stöttorna kilas fast i ett nära vinkelrätt läge därefter förspänns surringarna till 4N, krafterna registreras sedan och kilarna plockas bort. Krafterna registreras sedan igen för att se om effektiviteten av surrningsmetoderna skiljer sig redan här. Därefter utförs försöket på samma sätt som försöken som gjordes för att mäta förflyttning. Se figur 5.8

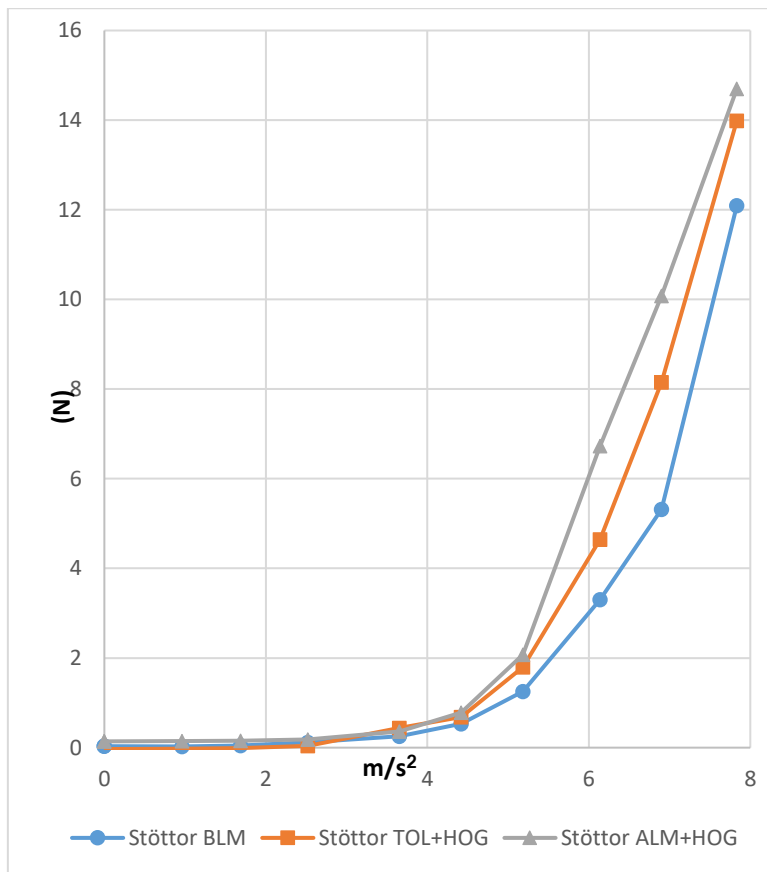


*Figur 5.8 Lutningstest för att mäta vilket tryck stöttororna utsätts för under ett lutningsförsök.*

#### **5.4.1 Kraft på stöttor vid 4 N förspänning**

I diagrammet kan man se hur kraften på stöttorna ökar vid ungefär  $5,5 \text{ m/s}^2$ . Det motsvarar  $28^\circ$  i modellen vilket stämmer väl överens med den lutning där den statiska friktionskraften mellan rundvirket och modellens lastdäck släppte.

Man kan också se att BLM verkar avlasta stöttorna bäst. ALM+HOG verkar belasta stöttorna mest. Det kan bero på att metoden kan sägas få en verksam surring mindre än de andra två metoderna åt det håll modellen lutar. Se *figur 5.9*



Figur 5.9 Kraft på stöttor vid FSP 4N

## 6 FÖRSÖK MED RUNDVIRKE OCH FASTA STÖTTOR

Resultaten i försök att avgöra trycket på stöttor gav större skillnader mellan metoderna än försöken att mäta förskjutning. Detta skapade ett intresse av att utveckla metoden.

I ett försök att förstärka resultaten och samtidigt få dem att mer likna ett verkligt scenario gjordes därför det övre paret med stöttor fast (*figur 6.1*). Detta istället för att som tidigare följa med lastens förskjutning på gångjärn (*figur 6.2*).

De par med stöttor på den sida åt vilken modellen lutar, alltså det nedre paret med stöttor, lämnas fortsatt fritt att röra sig med gångjärn. På detta sätt kan lastens tryck på stöttorna lättare mätas.

Dessa försök gjordes endast med metoderna BLM och TOL+HOG.

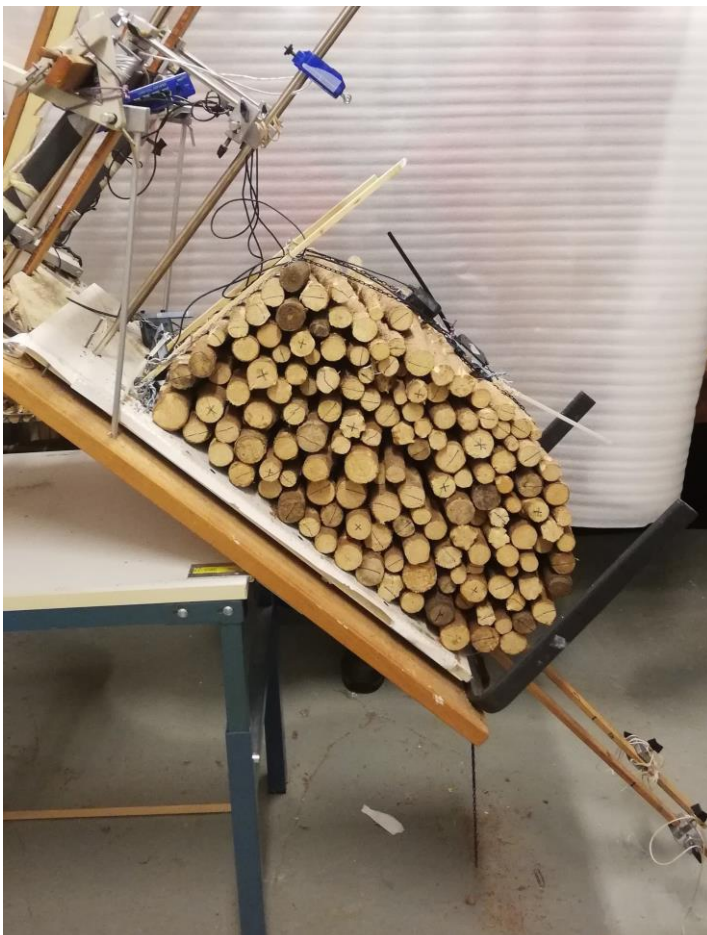
Det gjordes två olika varianter av försöken, ett där syftet är att undersöka kraften i surringarna och ett där kraften i de fria stöttorna mäts på samma sätt som tidigare, kraften i surringarna registreras även vid dessa försök.

Försök att mäta förskjutning görs inte i dessa modellförsök då denna blir minimal. Belastningen i surringarna blir däremot av en helt annan relevans här. Jämfört med tidigare försök får surringarna som är fästa i de övre stöttorna som nu är fasta en betydligt mer aktiv roll i lastsäkringen vid BLM. Detta simulerar också närmare hur surringarna skulle fungera på ett verkligt fartyg.

I övrigt går försöken till på samma sätt som har beskrivits tidigare.



*Figur 6.1 Övre stöttor fasta*



*Figur 6.2 Stöttor fria att röra sig på gångjärn*

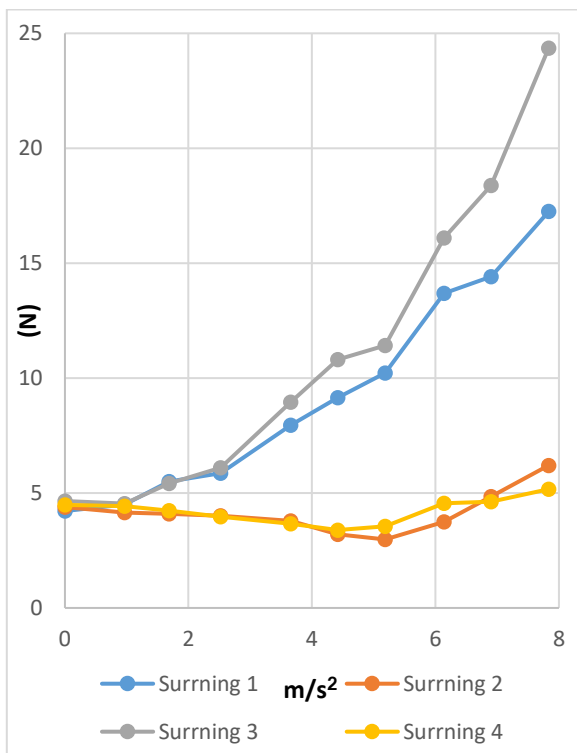


## 6.1 Jämförelse av kraft i surringar

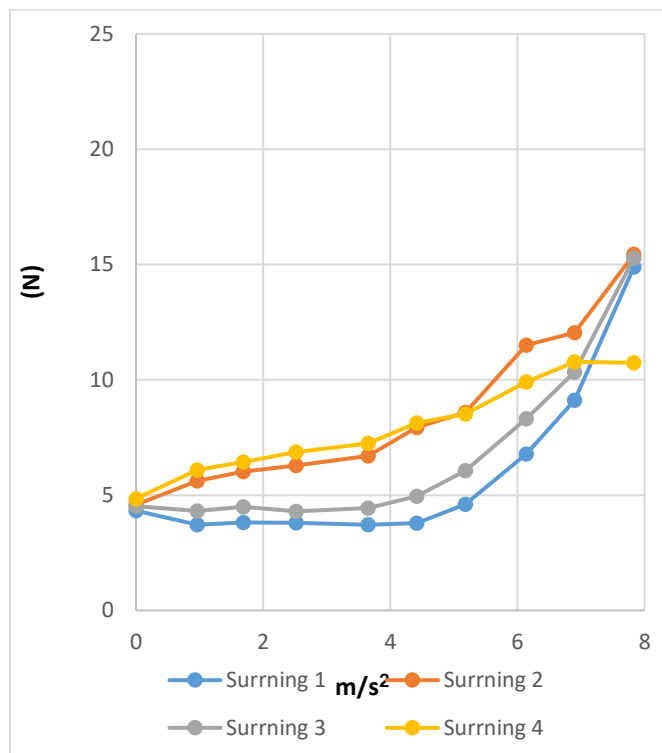
Hur kraften i surringarna utvecklas kommer att åskådliggöras genom diagram som visar krafterna i surringarna under försök med BLM och TOL+HOG ifrån de två olika typerna av modellförsök. Alltså försök med fria stöttor och försök med det övre paret stöttor fasta.

### 6.1.1 Kraft i surringar med de övre stöttorna fria på gångjärn

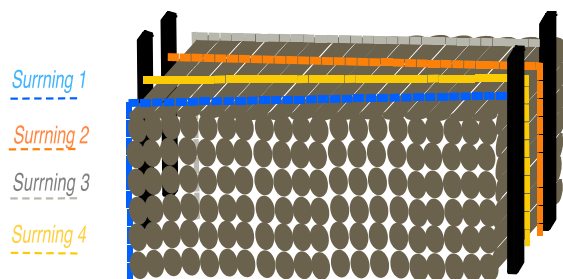
Försöken som gjordes för att mäta kraften i surringarna är gjorda med 4N förspänning. Se *fig 6.3-6.6* för resultatdiagram och surringsbeskrivning.



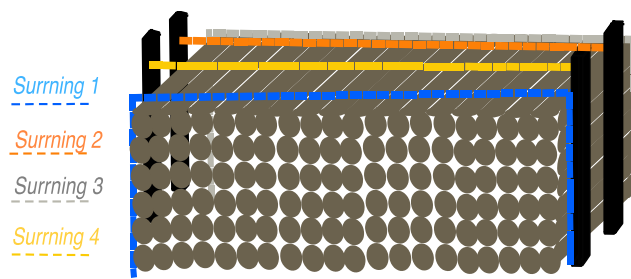
Figur 6.3 BLM fria stöttor



Figur 6.4 TOL+HOG fria stöttor



Figur 6.5 BLM-surrad rundvirkeslast



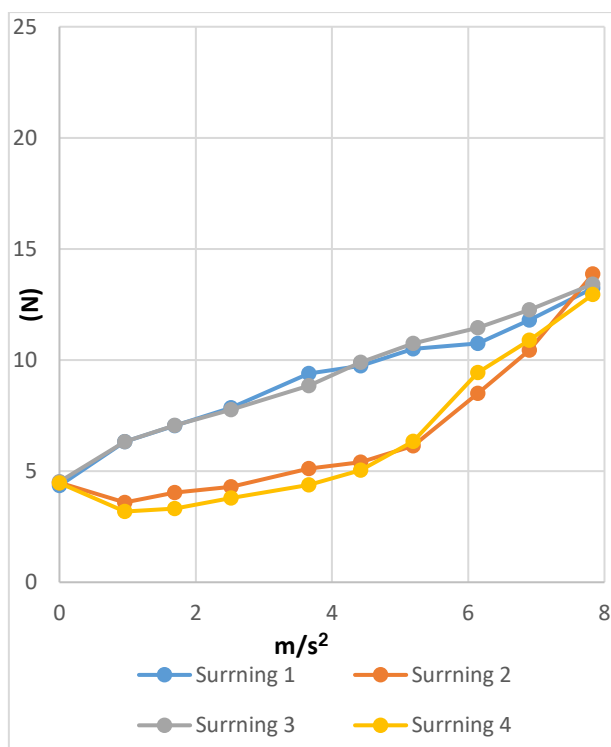
Figur 6.6 TOL+HOG-surrad rundvirkeslast

BLM-Man kan se att surring 1&3 tar upp mestadels av belastningen när lasten surras med BLM och stöttorna följer med lastens förskjutning. (Figur 6.3 och Figur 6.5)

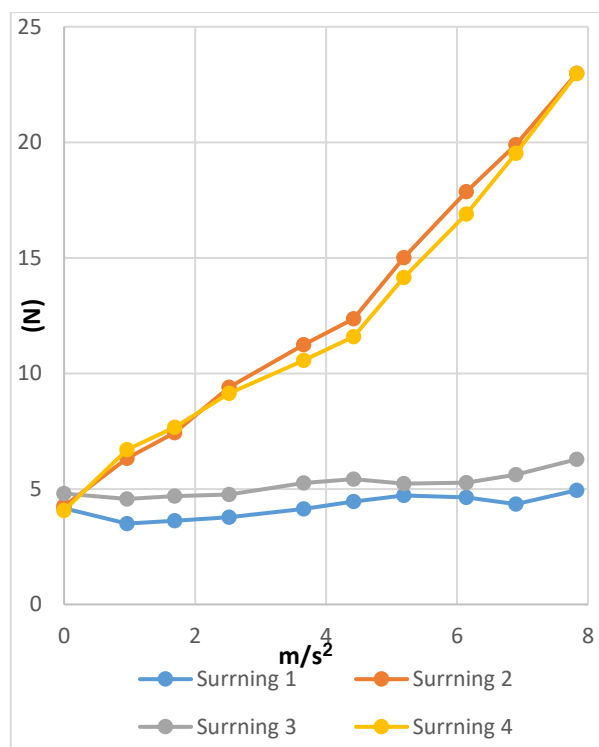
TOL+HOG-I försöken med TOL+HOG och fria stöttor belastas överfallssurningarna och HOG-surningarna ungefär lika mycket (Figur 6.4 och Figur 6.6).

### 6.1.2 Kraft i surringar med det övre paret stöttor fast

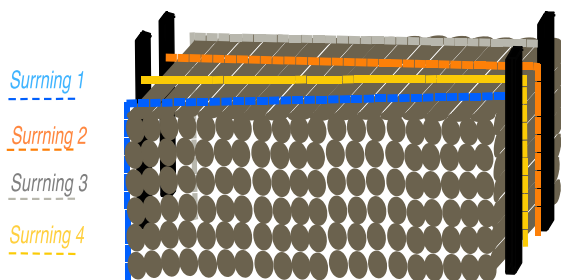
Resultatdiagram för försök att mäta kraften i surringarna med det övre paret stöttor fast redovisas här i figur 6.7-6.10



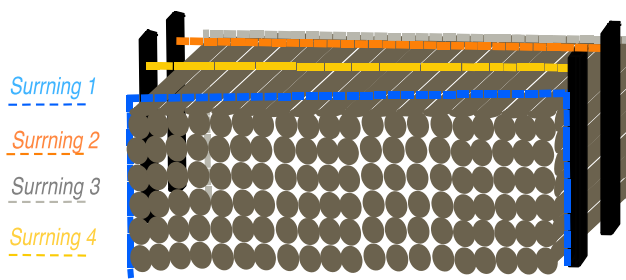
Figur 6.7 BLM stöttor fast



Figur 6.8 TOL+HOG stöttor fast



Figur 6.9 BLM-surrad rundvirkeslast



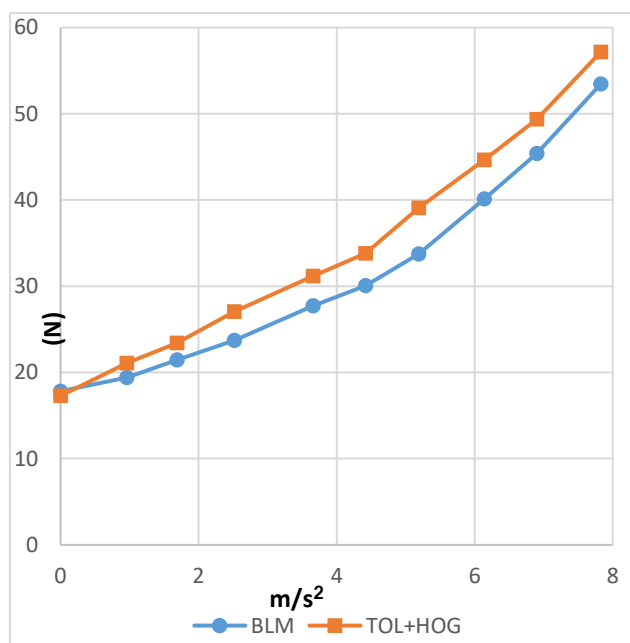
Figur 6.10 TOL+HOG-surrad rundvirkeslast

BLM-När de stöttorna som surrning 2&4 är fästa i har gjorts fast får dessa en helt annan verkan. I slutet av försöket, när modellen lutar som mest åt höger ( $\theta=42^\circ$ ) fördelas belastningen jämt över alla surrningar. (Figur 6.7 och figur 6.9)

TOL+HOG-När det övre paret med stöttor har gjorts fast hamnar den största delen av belastningen i HOG-surrningarna. (Figur 6.8 och Figur 6.10)

## 6.2 Total kraft i surrningarna med det övre paret stöttor fastmonterat

Den totala kraften i surrningarna blir något lägre med Baltic Lashing Method än den blir med Top Over Lashing+HOG även med fasta stöttor. Se figur 6.11 ( Jämför 6.1.2)



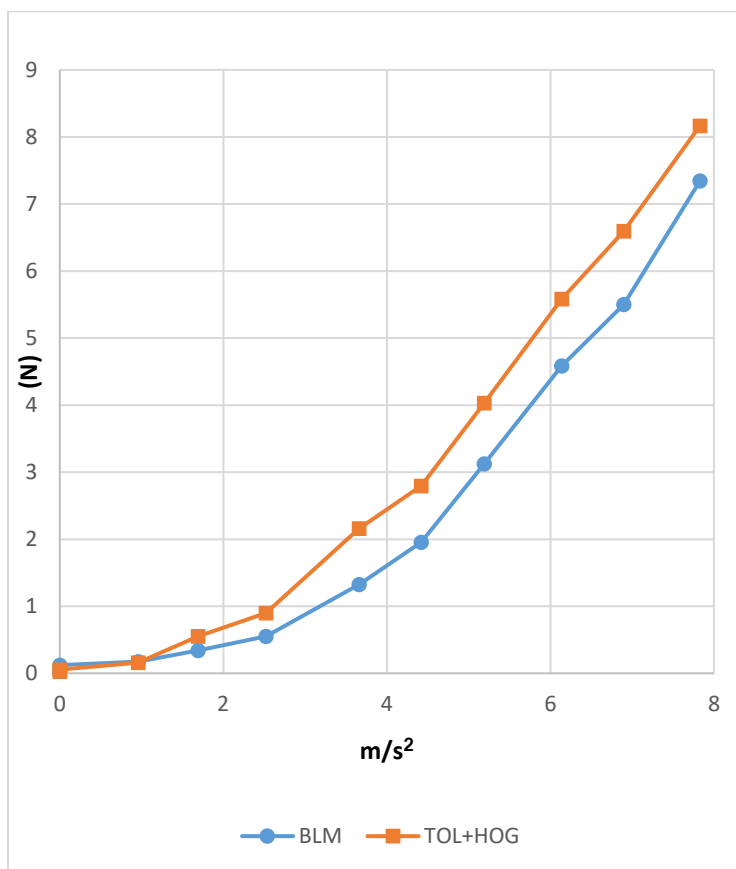
Figur 6.11 Total kraft i surrningar med det övre paret stöttor fastmonterat.

## 6.3 Tryck på stöttor när det övre paret är fastmonterat

Försöken som gjordes för att mäta den kraft som de aktiva stöttorna utsätts för under ett lutningsförsök med ett par fasta stöttor gjordes här med 2N förspänning istället för som tidigare med 4N.

Detta gjordes för att få ett större utslag på kraftmätarna än tidigare.

Resultaten visar att BLM avlastar stöttorna bättre även med fasta stöttor. Se *figur 6.12*



*Figur 6.12 Kraft på stöttor FSP 2N*

## 7 BORTFALL AV STÖTTOR

Då försöken med fastmonterade stöttor gav intressanta och tydliga resultat föddes en idé att göra ytterligare tester där surringarnas effektivitet jämförs i ett fall där det ena paret stöttor går av. Detta är ett scenario som inte är helt ovanligt vid transport av virkeslaster (se figur 7.1)

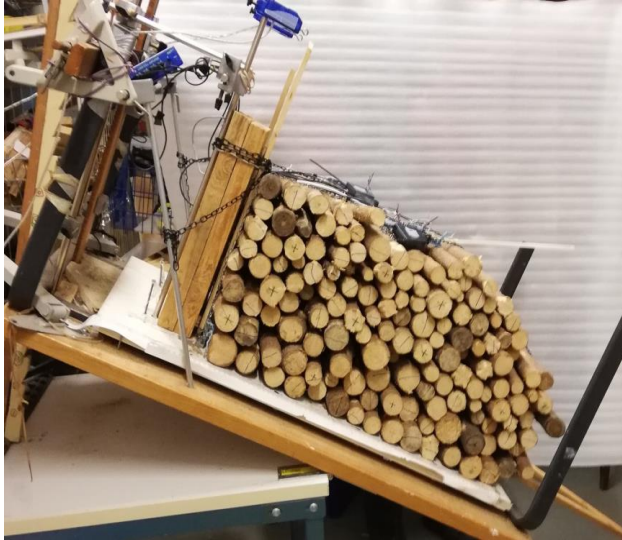


*Figur 7.1 (Stöttor knäckta på fartyget Dry Beam i samband med att fartyget seglat genom en orkan utanför Kanadas kust.) (Professionalmariner, 2012)*

Dessa försök gav såklart en större förskjutning därför mättes även denna i dessa försök. Detta gick till på samma sätt som i de tidigare försöken där förskjutning mättes. Detta beskrevs närmare i kapitel 3.1 Modellförsök.

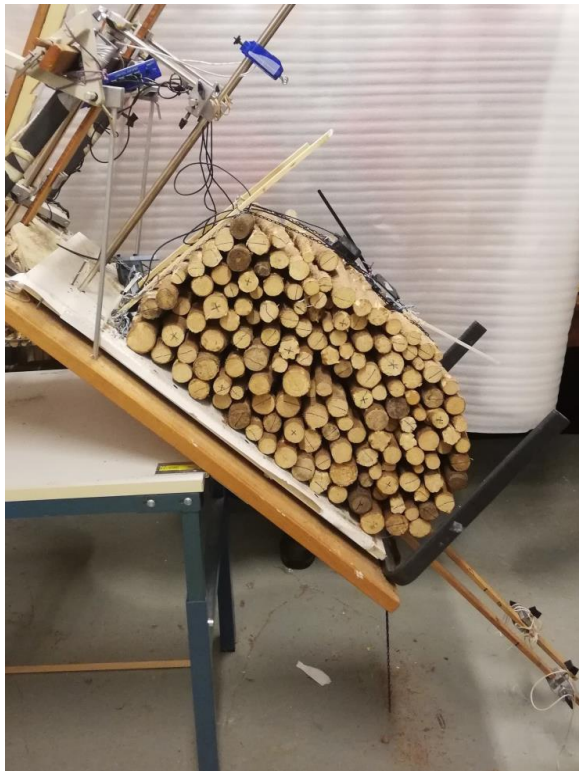
*Figur 7.2, 7.3 och 7.4* visar försöken med och utan fasta stöttor. Försöken gjordes med BLM med stöttor fasta och fria samt med TOL+HOG där HOG surringen plockas bort.

Bilden visar ett försök med BLM och fasta stöttor. Man kan i bilden se hur det övre paret med stöttor har gjorts fast och hur surringarna som går från däckets till det nedre paret stöttor har plockats bort. Se *figur 7.2*



*Figur 7.2 Bortfall av stöttor med BLM och det övre paret stöttor fasta*

Denna bild visar ett försök med de övre stöttorna fria på gångjärn och BLM. Se *figur 7.3*



*Figur 7.3 BLM och de övre stöttorna fria på gångjärn.*

Här är ett försök med TOL+HOG och de övre stöttorna fria där HOG surringarna har plockats bort. DVS de surringar som går mellan stöttorna i metoden. Se *figur 7.4*



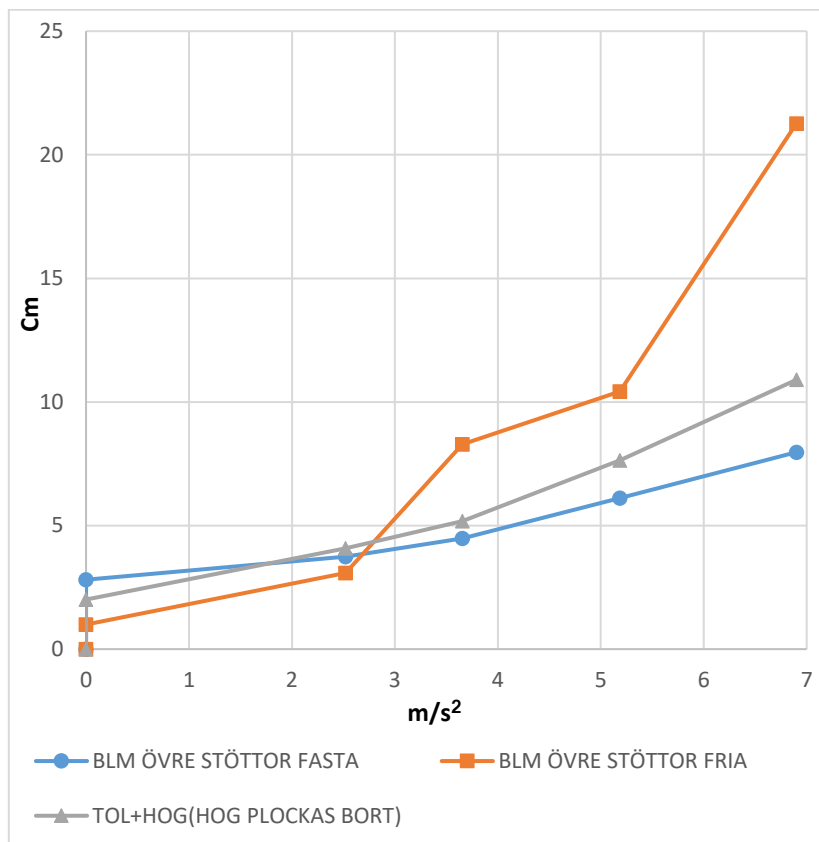
*Figur 7.4 TOL+HOG (HOG-surning plockas bort)*



## 7.1 Resultat ifrån försöken med bortfallna stöttor

### 7.1.1 Förskjutning

BLM med de övre stöttorna fria har en betydligt större förskjutning än de två andra fallen. Detta är naturligt då dessa har en surring fast surringspunkt medan surringsfästena för BLM med de övre stöttorna fria följer med lastens förskjutning. BLM visar dig dock hålla ihop lasten bättre än TOL+HOG. Se *figur 7.5*

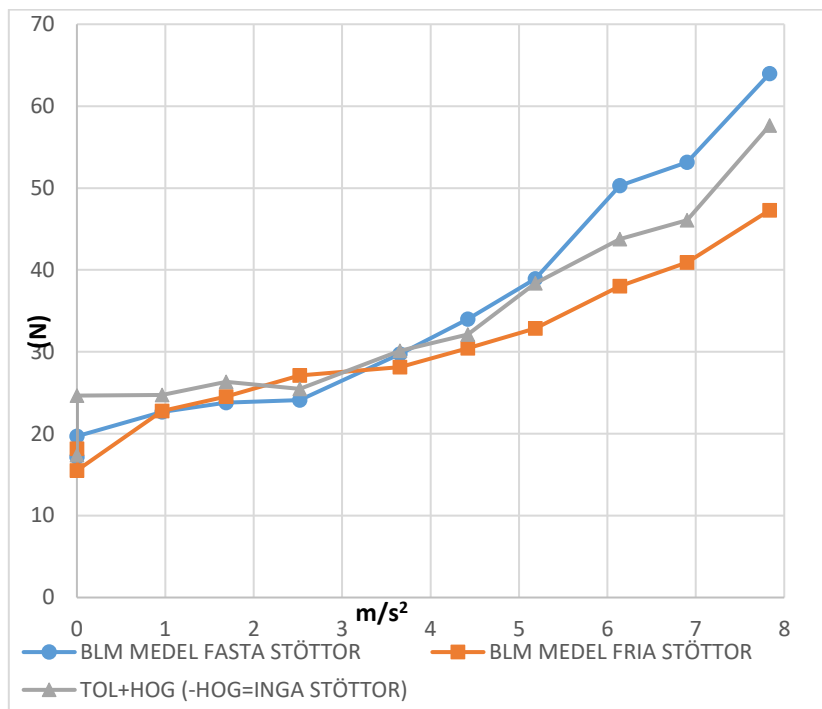


Figur 7.5 Förskjutning vid bortfall av nedre stöttor



### 7.1.2 Kraft i surringar

Här är diagrammet omkastat. Dvs den surrningsmetod som förhindrar lastförskjutning mest belastar även surringarna mer. Se *figur 7.6*



*Figur 7.6 Medelvärde av den totala kraften i surringarna vid bortfall av stöttor*

## 8 DISKUSSION

### 8.1 Försök med virkespaket

I försöken med virkespaket hade Baltic Lashing Method mindre total förskjutning än Top Over Lashing+HOG i alla försöken. Skillnaden blev dock som störst vid 4 Newtons förspänning. Detta tolkades som att 2 Newtons förspänning gav ett allt för godtyckligt resultat då den låga förspänningen tillät relativt stor rörelse igenom försöket. 8 Newtons förspänning höll istället ihop lasten effektivt i ett stycke och skillnaden mellan de två olika metoderna blev mindre än vid 4 Newton. Därför fick 4 Newtons förspänning anses vara den mest realistiska förspänning att använda i testerna. Detta då en helt skalenlig förspänning är svår att beräkna då hänsyn till bland annat kättingarnas töjning måste tas i beaktande.

### 8.2 Försök med rundvirke

Detta ledde till att de fortsatta försöken med rundvirke endast gjordes med 4 Newtons förspänning. I försöken med rundvirke blev den totala rörelsen liten. Detta beror dels på att rundvirket har en något större friktionskoefficient men kanske främst på att rundvirkeslasten sätter sig och stockar kilas fast mellan varandra. I dessa försök blev medelvärdet av förskjutningen av rundvirkeslasten mycket lika mellan BLM och TOL+HOG. Atlantic Loop-lashing framstod istället som en tydlig segrare i försöken med rundvirke. Det är dock en betydligt mer komplicerad surrningsmetod att använda sig av i praktiken. Dessutom uppvisade metoden en mycket stor förskjutning i det första testet. Efterspänning av surringarna visade sig därför vara särskilt viktig vid användning av denna metod.

#### 8.2.1 Kraft i surringar

Den totala kraften i surringarna blir lägre med BLM än med TOL+HOG. Det är dock svårt att värdera detta då kraften främst hamnar i två aktiva surringar med BLM. Alltså i de två surringarna som är fästa i stöttorna på den sida som modellen lutas åt.

### **8.2.2 Kraft på stöttor**

För att få ett tydligare svar på vilken av de två metoderna BLM och TOL+HOG som är mest effektiv som surrningsmetod gjordes därför också försök att mäta hur stort tryck lasten utövar på stöttorna under ett lutningsförsök. Skillnaderna i resultatet mellan de tre olika metoderna som testades blev små. BLM verkar dock avlasta stöttorna något bättre än både TOL+HOG och ALM+HOG.

## **8.3 Försök med rundvirke och ett par stöttor fastmonterade**

Dessa försök får anses något mer realistiska än de tidigare försöken med båda paren stöttor fria. Förskjutningen blir dock mycket liten i försöken och några försök att mäta denna gjordes inte.

Resultaten blir dock intressanta då de två surringarna som tidigare har varit passiva i BLM nu spelar en helt annan roll.

Både försöken där kraften i surringarna mättes och de där kraften på de aktiva stöttorna mättes visade att BLM var något mer effektiv på samma sätt som de tidigare försöken.

## **8.4 Försöken med bortfallna stöttor**

I försöken med bortfallna stöttor visade sig BLM med de övre stöttorna fasta vara den mest effektiva metoden.

I försöken med BLM och de nedre stöttorna fria skedde majoriteten av förskjutningen i ett sent skede under försöket. Det vill säga vid en stor simulerad krängningsvinkel. Detta gav ett stort utslag på resultatet. Innan det stora raset i slutet av försöket verkade även denna metod hålla ihop lasten bättre än Top Over Lashing med brusten HOG-surning.

## 9 SLUTSATS

Utifrån testerna som redovisas i denna rapport kan man dra slutsatsen att Baltic Lashing Method är en minst lika effektiv metod att surra virkesdäckslaster med som den mer konventionella metoden Top Over Lashing+HOG som finns beskriven i ”Timmerkoden” TDC-2011. Eftersom att BLM även kan förväntas underlätta surrningsarbetet anser jag att det vore intressant att testa metoden ytterligare.

Dessa tester har gjorts med stöttorna på gångjärn samt med stöttorna helt fasta. I ett verkligt scenario skulle stöttorna böjas på ett sätt som är svårt att simulera i en modell. Fullskaliga tester av metoden vore därför intressant.

## LITTERATURFÖRTECKNING

Chanfreau, P. (2009). *On the Strength of Uprights holding Timber Deck Cargoes Formulas and model tests*. Höskolan på Åland. Mariehamn: Höskolan på Åland.

International Maritime Organization (IMO). (2011). *Code of safe practice for ships carrying Timber Deck Cargoes (TDC)*. London, England: IMO.

MariTerm AB. (2008). *Practical Tests with Timber Deck Cargoes*. Höganäs: MariTerm AB.

Maritime New Zealand. (den 01 06 2014). [www.maritimenz.govt.nz](http://www.maritimenz.govt.nz). Hämtat från <https://www.maritimenz.govt.nz/commercial/safety/safety-updates/equipment-cranes-cargo/safe-practice-ships-loop-lashing.asp> den 23 03 2019

Professionalmariner. (den 24 04 2012). *Log-ship-gets-into-trouble-when-its-cargo-shifts-in-rough-seas-high-winds*. Hämtat från <http://www.professionalmariner.com>: <http://www.professionalmariner.com/May-2012/Log-ship-gets-into-trouble-when-its-cargo-shifts-in-rough-seas-high-winds/> den 05 04 2019

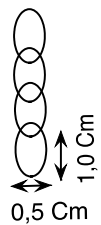
S.Sökjer-Petersen. (2008). *Studiebesök vid lastning i Longview (USA) samt möte med Transport Canada i Vancouver (Kanada) juni 2008*. Höganäs: MariTerm AB.

SHIPOWNERS. (den 28 11 2014). *Safe-practice-for-ships-carrying-timber-deck-cargoes.pdf*. Hämtat från <https://www.shipownersclub.com>: <https://www.shipownersclub.com/media/2014/11/Safe-practice-for-ships-carrying-timber-deck-cargoes.pdf> den 12 04 2019

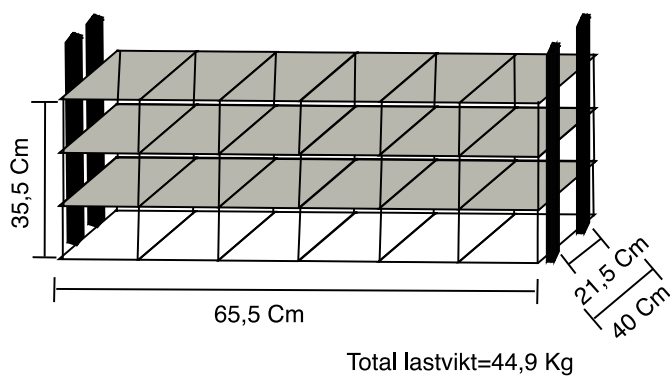
Statens haverikommision. (2013). *Slutrapport RS 3013:01 Lastförskjutning ombord på Phantom, den 15 februari 2012*. Stockholm: Statens haverikommision.

# BILAGA 1 MODELLSPECIFIKATION

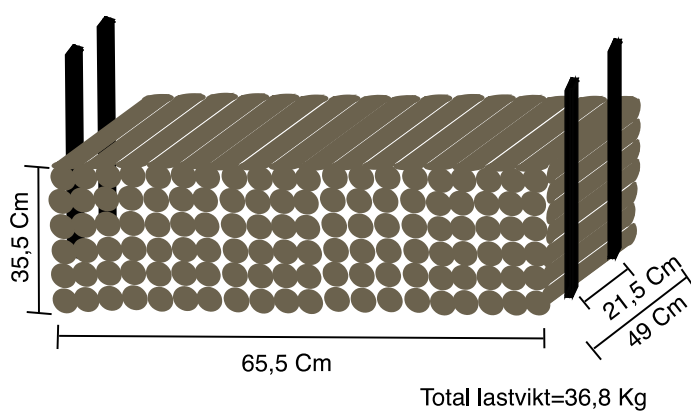
Surningskätting



Virkespaket



Rundvirke



## BILAGA 2 BERÄKNINGSMODELL KRAFTDIAGRAM

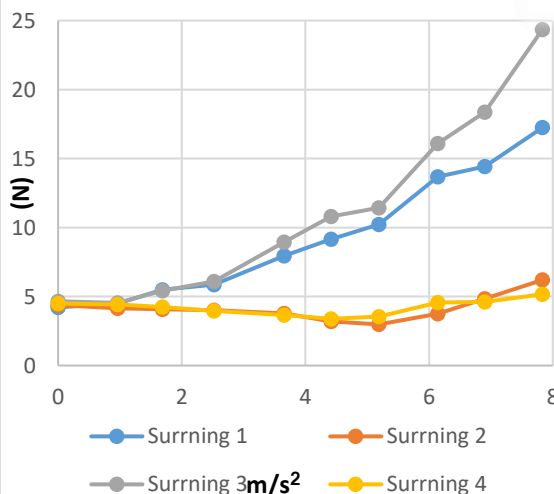
BLM4N 1						BLM MEDEL m/S2						m/S2	Summa	
#	*	Force 1 (N)	Force 2 (N)	Force 3 (N)	Force 4 (N)	#	*	Force 1 (N)	Force 2 (N)	Force 3 (N)	Force 4 (N)			
1	0	4,39	4,18	4,68	4,09	1	0	=MEDEL(C4;C17;C30)	4,65666667	4,49	0	17,7533333		
2	5,5	5,42	3,9	4,55	4,14	2	5,5	0,96384444	4,49666667	4,15333333	4,54	4,42333333	0,96384444	17,6133333
3	9,5	6,4	3,67	5,01	3,84	3	9,5	1,6882079	5,49666667	4,09	5,41666667	4,23666667	1,6882079	19,24
4	14	6,39	3,56	5,26	3,38	4	14	2,52174347	5,85666667	4,00666667	6,09333333	3,96666667	2,52174347	19,9233333
5	20	7,98	2,85	7,53	3,53	5	20	3,65519872	7,95	3,78333333	8,95	3,66666667	3,65519872	24,35
6	24	9,73	2,34	9,32	3,22	6	24	4,41929316	9,15333333	3,20333333	10,8	3,39	4,41929316	26,5466667
7	28	10,82	2,09	10,6	3,36	7	28	5,18581475	10,2266667	2,98	11,4233333	3,54666667	5,18581475	28,1766667
8	33	16,09	3,24	14,84	5,62	8	33	6,14169114	13,6833333	3,75	16,0966667	4,55666667	6,14169114	38,0866667
9	37	17,36	4,83	17,57	5,67	9	37	6,90003133	14,4133333	4,84	18,3766667	4,62	6,90003133	42,25
10	42	23,2	7,4	27,18	6,05	10	42	7,83394523	17,2466667	6,20333333	24,36	5,16666667	7,83394523	52,9766667

BLM4N 2					
#	*	Force 1 (N)	Force 2 (N)	Force 3 (N)	Force 4 (N)
1	0	3,91	4,05	4,39	4,99
2	5,5	3,61	4,27	4,16	4,89
3	9,5	4,57	4,52	5,29	5,08
4	14	4,69	4,76	5,99	5,11
5	20	6,09	4,78	8,78	4,37
6	24	7,6	3,94	10,51	4,26
7	28	9,02	3,75	10,56	4,53
8	33	12,62	3,93	17,12	4,66
9	37	14,64	3,3	20,19	3,07
10	42	16,7	3,74	23,37	2,6

BLM4N 3					
#	*	Force 1 (N)	Force 2 (N)	Force 3 (N)	Force 4 (N)
1	0	4,35	4,94	4,9	4,39
2	5,5	4,46	4,29	4,91	4,24
3	9,5	5,52	4,08	5,95	3,79
4	14	6,49	3,7	7,03	3,41
5	20	9,78	3,72	10,54	3,1
6	24	10,13	3,33	12,57	2,69
7	28	10,84	3,1	13,11	2,75
8	33	12,34	4,08	16,33	3,39
9	37	11,24	6,39	17,37	5,12
10	42	11,84	7,47	22,53	6,85

Ett medelvärde av surringarnas spänning beräknas ifrån tre likadana försök vid varje lutningssteg under försöken. Ett diagram ritas sedan baserat på detta medelvärde. (Se kapitel 4.3 JÄMFÖRELSE AV KRAFT I SURNINGAR VID FÖRSÖK MED VIRKESPAKET)

### BLM FRIA STÖTTOR



	BLM MEDEL m/S2						m/S2	Summa
#	*		Force 1 (N)	Force 2 (N)	Force 3 (N)	Force 4 (N)		
1	0	0	4,21666667	4,39	4,65666667	4,49	0	17,7533333
2	5,5	0,96384444	4,49666667	4,15333333	4,54	4,42333333	0,96384444	17,6133333
3	9,5	1,6882079	5,49666667	4,09	5,41666667	4,23666667	1,6882079	19,24
4	14	2,52174347	5,85666667	4,00666667	6,09333333	3,96666667	2,52174347	19,9233333
5	20	3,65519872	7,95	3,78333333	8,95	3,66666667	3,65519872	24,35
6	24	4,41929316	9,15333333	3,20333333	10,8	3,39	4,41929316	26,5466667
7	28	5,18581475	10,2266667	2,98	11,4233333	3,54666667	5,18581475	28,1766667
8	33	6,14169114	13,6833333	3,75	16,0966667	4,55666667	6,14169114	38,0866667
9	37	6,90003133	14,4133333	4,84	18,3766667	4,62	6,90003133	42,25
10	42	7,83394523	17,2466667	6,20333333	24,36	5,16666667	7,83394523	52,9766667

# BERÄKNINGSMODELL FÖRSKJUTNINGSDIAGRAM

## BLM RUNDVIRKE 4N

1	0°	38,4	48,3	81,1	88,1
		42,3	59,2	77,1	81,3
		41	52	74,2	84,2
2	5,5°				
3	9,5°				
4	14°	38,4	48,6	81,1	88,7
		42,3	59,3	77,2	81,8
		41	52	74,4	84,2
5	20°	38,6	48,9	81,7	88,3
		42,7	59,5	77,5	81,5
		41,2	52,1	74,4	84,2
6	24°				
7	28°	38,7	49,4	81,9	88,8
		42,8	59,7	77,7	81,9
		41,3	52	74,4	84,3
8	33°				
9	37°	39,5	50,1	83,5	90
		43,4	60,4	78,7	83
		41,9	53,4	74,5	84,4
10	42°				

0	0,3	0	0,6
0	0,1	0,1	0,5
0	0	0,2	0
=D194-D182		0,6	0,2
0,4	0,3	0,4	0,2
0,2	0,1	0,2	0
0,3	1,1	0,8	0,7
0,5	0,5	0,6	0,6
0,3	0	0,2	0,1
1,1	1,8	2,4	1,9
1,1	1,2	1,6	1,7
0,9	1,4	0,3	0,2

=SUMMA( K190:N190)
0,7
0,2
1,6
1,3
0,5
2,9
2,2
0,6
7,2
5,6
2,8



förskjutning			
14 deg			
1	2	3	
0,9	0,2	0,8	
0,7	-0,1	0,8	
0,2	-0,1	0	
=MEDEL(C11:C13)		0,53333333	
20 deg			
1	2	3	
1,6	0,8	0,6	
1,3	0,2	7,1054E-15	
0,5	-0,1	0,1	
1,13333333	0,3	0,23333333	
28 deg			
1	2	3	
2,9	3,3	5	
2,2	1,6	3	
0,6	0,5	2,1	
1,9	1,8	3,36666667	
37 deg			
1	2	3	
7,2	7,6	10,4	
5,6	5,1	5,1	
2,8	1,8	2,5	
5,2	4,83333333	6	

Här räknas ett medelvärde ut ifrån radernas totala förflyttning vid varje lutningssteg för de tre olika försöken.

Ett medelvärde av den totala förflyttningen ifrån de tre försöken används sedan i diagrammen.

14 deg				BLM 4N		
1	2	3		*	M/S <sup>2</sup>	Cm
0,9	0,2	0,8		0	0	0
0,7	-0,1	0,8		14	2,52174348	=MEDEL(C14:E14)
0,2	-0,1	0		20	3,65519872	0,55555556
0,6	0	0,53333333		28	5,18581475	2,35555556
				37	6,90003133	5,34444444

