



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**  
Havbruksteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse:  
SINTEF Sealab  
Brattørkaia 17C

Telefon: 4000 5350  
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no  
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

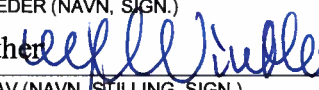

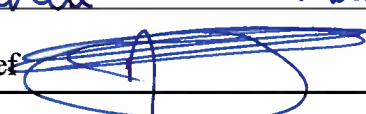
**Laboratorietesting av kauser**

FORFATTER(E)

Andreas Myskja Lien og Østen Jensen

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
SFH80 A106050	Åpen	Kjell Maroni	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	978-82-14-04956-5	86014703	8+14
ELEKTRONISK ARKIVKODE	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)	
DeformasjonAvKauser_anonymisert_endelig.docx	Ulf Winther 	Arne Fredheim 	
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2010-09-28	Jostein Storøy, Forskningsjef 	
<b>SAMMENDRAG</b> Kauser fra fire forskjellige leverandører ble testet i laboratoriet til SINTEF Materialer og kjemi. Målet var å finne ved hvilken last kausene ble deformert. Følgende kausetyper ble testet; K3, K3B, rørkauser og K2B. Alle leverandørene leverte K3 kauser til testen, men kun Leverandør 2 leverte K3B kauser og det var bare Leverandør 1 som stilte med K2B og rørkauser. K3 kauser fra de forskjellige leverandørene hadde relativt lik utforming men godstykkelse og dimensjoner var ikke identisk. Det var relativt stor forskjell i godsmengde mellom de tyngste og letteste kausene av type K3. K2B kausene var mye større enn K3 kausene og krevde en annen dimensjon på sjakler enn det som var tilfellet for K3 og K3B kausene. Alle kausene ble testet med sjakler som spesifisert av kauLev3-everandør. Alle kauser ble testet opp til minimum et lastnivå på 225 kN som er det tillatte lastnivået for trossen som passer til kausedimensjonen. Generelt så var deformasjonen mindre i de forsterkede K3B kausene enn i K3 kausene. Deformasjonen i K2B kausene var neglisjerbar. Til tross for deformasjonen vurderes kausene til å være i stand til oppfylle sin funksjon.			
STIKKORD	NORSK	ENGELSK	
GRUPPE 1	Havbruksteknologi	Aquaculture Technology	
GRUPPE 2	Forsøk	Experiment	
EGENVALGTE	Plastisk deformasjon	Plastic deformation	
	Kauser	Thimbles	

## INNHALDSFORTEGNELSE

1. Innledning .....	3
2. Mål .....	3
3. Forberedelser .....	3
4. Gjennomføring .....	5
5. Målinger og observasjoner .....	5
5.1. Deformasjonsmoder .....	5
5.1.1. Deformasjonsmålinger .....	6
5.1.2. Visuelle observasjoner .....	6
6. Resultater .....	6
6.1. Målinger .....	6
6.2. Visuelle observasjoner .....	6
7. Diskusjon .....	8
7.1. Tillatt lastnivå .....	8
Vedlegg A. Bilder av kauser før og etter test. ....	9
Vedlegg B. Kraft forskyvningskurver .....	17

## 1. Innledning

For å koble sammen fortøyningslinjer, rammetau, haneføtter og flytere blir det i dag ofte brukt kauser i kombinasjon med sjakler. Kausene er i motsetning til sjakler og koblingsplater ikke en lastbærende komponent (med det menes at de ikke alene bærer lasten, det er tauet som er den primære lastbærer), men har som oppgave å sikre at tauet ikke svekkes på grunn av slitasje og gnag ved sammenkoblingspunkt. I tillegg gjør kausene det enklere å koble sammen de ulike delene av fortøyningssystemet.

Denne rapporten er en leveranse fra prosjektet ”Utvikling av sikre oppdrettsanlegg Fase 2”. Prosjektet er ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk AS og finansiert av Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond.

## 2. Mål

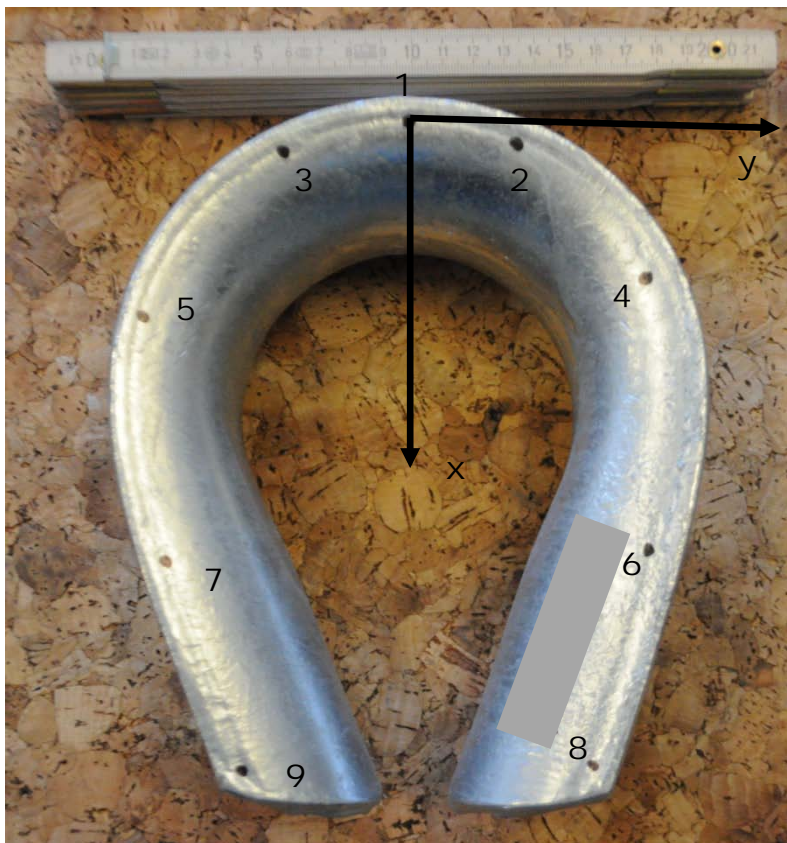
Hovedmålet til prosjektet er å bidra til sikrere og mer robuste oppdrettsanlegg gjennom å frambringe ny kunnskap, samt å gjøre eksisterende kunnskap mer tilgjengelig for oppdrettsnæringa.

Basert på innspill fra styringsgruppen ble det besluttet å gjøre strekktesting av kauser brukt i fortøyningssystemet. Det var ønskelig å kartlegge deformasjon og akseptable lastnivå for de forskjellige kausetyperne.

## 3. Forberedelser

Kauser fra fire forskjellige leverandører ble testet. Alle kauser ble merket med produsent, modell og løpenummer i forsøksrekken. Til beregning av deformasjon ble punkter markert langs siden av kausen (se Figur 1). Disse punktene ble brukt for å vurdere deformasjoner av kausene. To og to kauser ble spleiset sammen med en 64 mm trosse.

Testmaskinen som ble brukt under testen har begrensninger i størrelse på prøver som kan testes. Maksimal lengde på en prøve er ca to meter. Trossen som ble brukt til å teste kausene ville forlenge seg når lasten økte. For å redusere lengden på prøvene og dermed kunne teste til et så høyt lastnivå som mulig ble det kun benyttet to innstikk ved spleisingen. Vanligvis blir det benyttet minst fire innstikk. Potensielt kunne dette ha ført til at øyespleisen ble utvidet. Det viste seg at dette ikke var et problem i testene.



**Figur 1 Merking av kauser.**

En oversikt over hvilke leverandører som leverte kauser til uttestingen er gitt i Tabell 1. Alle leverandørene leverte K3 kauser til testen, men kun Leverandør 2 leverte K3B kauser og det var bare Leverandør 1 som stilte med K2B og rørkaus. K3 kauser fra de forskjellige leverandørene hadde relativt lik utforming men godstykkelse og dimensjoner var ikke identisk. I den tredje kolonnen er gjennomsnittsvekt og standard avvik for vekt oppgitt. Som tabellen viser er det relativt stor forskjell i godsmengde mellom de tyngste og letteste kausene av type K3. K2B kausene var mye større enn K3 kausene og krevde en annen dimensjon på sjakler enn det som var tilfellet for K3 og K3B kausene. Alle kausene ble testet med sjakler som spesifisert av kauLev3- leverandør.

**Tabell 1 Oversikt over kauser som ble testet.**

Leverandør	Type	Vekt (snitt/StDev)	Antall prøver
Leverandør 1 (Lev1-K2B)	K2B	18,396/0,455	4
Leverandør 1 (Lev1-K3)	K3	3,339/0,069	4
Leverandør 1 (Lev1-RK)	Rørkause	7,619/0,067	4
Leverandør 2 (Lev2-K3)	K3	4,205/0,025	4
Leverandør 2 (Lev2-K3B)	K3B	3,250/0,062	4
Leverandør 2 (Lev2-K3BK)	K3BK	4,250/0,025	2
Leverandør 3 (Lev3-K3)	K3	4,774/0,066	4
Leverandør 4 (Lev4-K3)	K3	3,020/0,204	4

## 4. Gjennomføring

Det ble brukt fortøyningssjakler med en bruddlast på 90 tonn for å teste K3, K3B og rørkausene. Disse sjaklene har en bøyetykkelse på 32 mm. For å teste K2B kausene måtte det brukes fortøyningssjakler med en bruddlast på 210 tonn og en bøyetykkelse på 50 mm. Prøvene ble spent inn strekkmaskinen og lasten ble økt opp til første ønskede lastnivå. Prøven ble deretter avlastet til et forspenningsnivå på 5kN for å redusere elastisk tøyning i kausene. Kausene ble så fotografert på merket side sammen med et millimetermål. Lasten ble deretter økt til neste nivå og prosedyre med avlasting og fotografering ble gjentatt. Denne prosedyren ble gjentatt til ønsket maksimale lastnivå ble nådd.

En 64 mm trosse har bruddlast på ca 670 kN. Høyeste tillatte brukslast i henhold til NS 9415 er 1/3 av bruddlast. Kausene vil derfor ikke, ved korrekt bruk, bli belastet over ca 223 kN. En oversikt over testrekkefølge og den høyeste lasten benyttet, er gitt i Tabell 2.

**Tabell 2 Testrekkefølge og makslast.**

Test #	Ende 1	Ende 2	Maks testlast [kN]
1	Lev4-K3-1	Lev4-K3-2	300
2	Lev4-K3-3	Lev4-K3-4	300
3	Lev2-K3B-2	Lev2-K3B-3	350
4	Lev2-K3-3	Lev2-K3-4	350
5	Lev3-K3-2	Lev3-K3-3	300
6	Lev1-RK-2	Lev1-RK-4	225
7	Lev3-K3-1	Lev3-K3-4	300
8	Lev2-K3BK-1	Lev2-K3BK-2	325
9	Lev2-K3B-1	Lev2-K3B-4	325
10	Lev2-K3-1	Lev2-K3-2	300
11	Lev1-K3-2	Lev1-FK-1	275
12	Lev1-K3-1	Lev1-FK-2	275
13	Lev1-K3-3	Lev1-FK-4	275
14	Lev1-K3-4	Lev1-FK-3	275
15	Lev1-RK-1	Lev1-RK-3	225

Prøvene ble testet med noe varierende makslast. Dette skyldes forskjellig størrelse på kausene. Alle prøvene ble imidlertid belastet til minimum 223 kN, slik at maksimal tillatt last for trossen ble testet for alle kausene.

## 5. Målinger og observasjoner

### 5.1. Deformasjonsmoder

Tre forskjellige deformasjonsmoder ble observert i testene. Den vanligste deformasjonsmoden var en generell sammentrykking av kausene (type I). Det vil si at avstanden i horisontalretning mellom partalls og oddetallspunkt i Figur 1 ble redusert. En annen relativt hyppig deformasjonsmode var en relativ forskyvning i x-retning mellom partall og oddetallspunkt (type II). Flere av kausene viste en kombinasjon av disse to deformasjonsmodene. Den siste observerte deformasjonsmoden var bruddannelse like ved punkt 1 i Figur 1 (type III).

### 5.1.1. Deformasjonsmålinger

Plastisk deformasjon ved spesifisert last ble funnet ut fra det aktuelle fotografiet hvor avstand mellom merkede punkter ble målt i antall piksler. Antall piksler relativt til metrisk lengdemål ble funnet på millimetermålet i samme bilde. Ut fra det kjente forholdet mellom piksler og avstand ble deretter avstand mellom punkt beregnet.

Den generelle sammentrykkingsdeformasjonsmoden nevnt ovenfor ble forsøkt kvantifisert gjennom å vurdere endring i to forskjellige størrelser. Avstand mellom punkt fire og fem i Figur 1 samt avstand mellom punkt 4 og den rette linjen gjennom punkt tre og fem ble brukt som mål på sammentrykkingsdeformasjonsmoden.

### 5.1.2. Visuelle observasjoner

I tillegg til de kvantitative målingene ble det gjort visuelle observasjoner av kausenes deformasjon ved et lastnivå på 225 kN. Alle tre deformasjonsmoder ble vurdert.

## 6. Resultater

### 6.1. Målinger

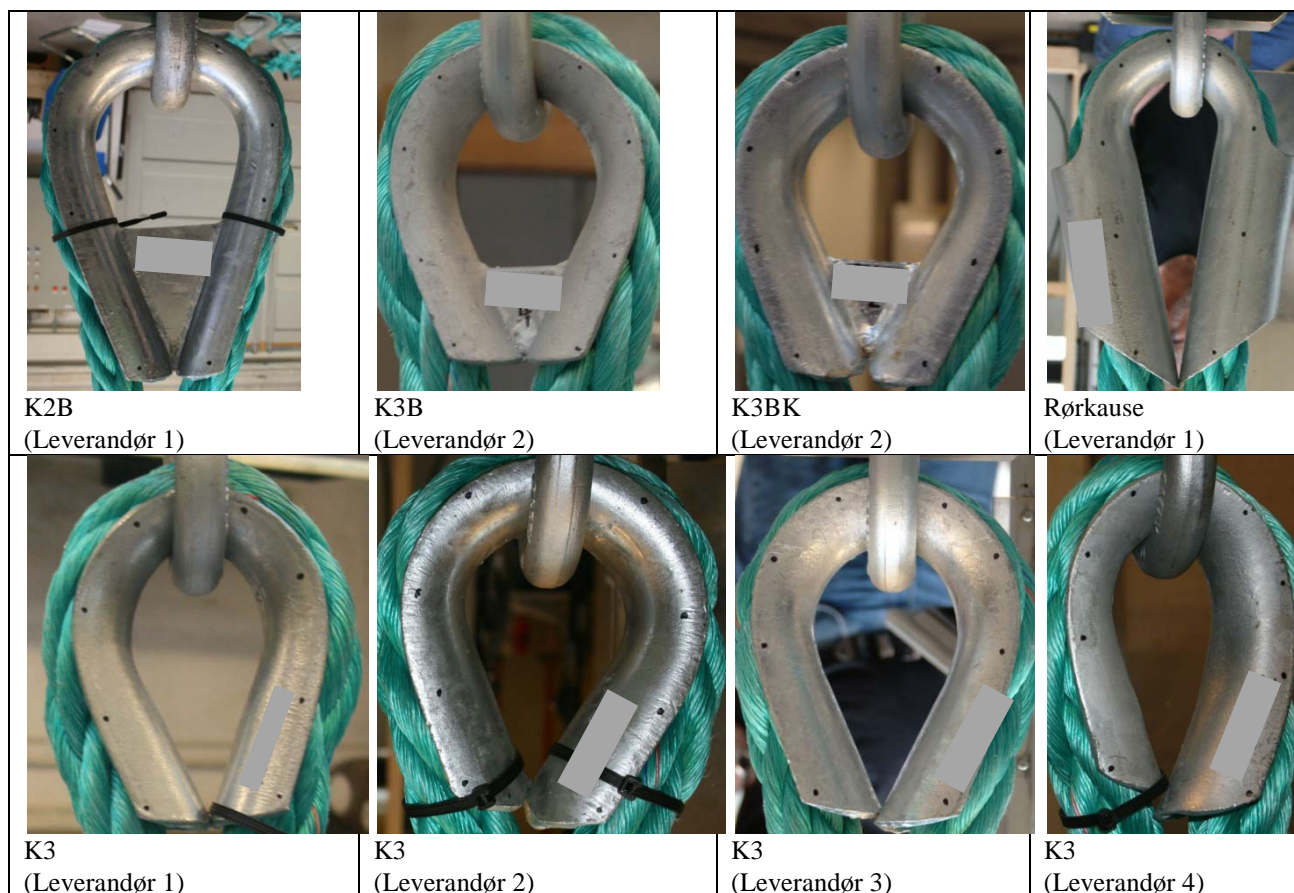
Bilder av kausene og øvre testlast er presentert i Vedlegg A. Kraft deformasjonskurver fra deformasjonsmålingene er presentert i Vedlegg B. Som bildene og kurvene viser så var, med unntak av K2B kausene, alle kauser deformert ved en testlast på 225 kN, omfanget av deformasjon var avhengig av kausetype men varierte og varierte og noe fra leverandør til leverandør. Det er vanskelig basert på deformasjonsmålingene å si med 100 % sikkerhet når kausene starter å deformeres. Dette skyldes blant annet at deformasjonen ofte var en kombinasjon av de to forskjellige observerte deformasjonsmodene.

### 6.2. Visuelle observasjoner

I vedlegget er bilder tatt ved maks last og ved last på 225 kN presentert, den visuelle observasjonen ble gjort ved et lastnivå på 225 kN for alle kauser. I Figur 2 er bilder av kausene ved et lastnivå på 225 kN presentert for enkel sammenligning.

Type I deformasjonen var den dominerende deformasjonsmoden for alle kausetyper. Kause K2B fra Leverandør 1 var udeformert etter å ha vært utsatt for en belastning på 225 kN, de andre kausene viste varierende grad av deformasjon, se Vedlegg A. Rørkausene var presset sammen ved åpningen men var ellers relativt lite deformert. K3B kausene var noe mer sammentrykket (type I deformasjon) enn K3BK, begge kausetyper fra Leverandør 2. Dette kan skyldes mer gods i K3BK kausene (vekt på 4,250 kg mot 3,250 kg). K3 kausene fra Leverandør 4 viste noe mer type I deformasjon enn de andre K3 og K3B kausene. Disse kausene var de letteste kausene som ble testet og det antas at det var årsaken til den noe større deformasjonen de opplevde. I etterkant av testen ble kausene fjernet fra trossene, i den forbindelse kan det konkluderes med at deformasjonen ikke i noen tilfeller var så stor at trossen enkelt kunne komme ut av kausen.





**Figur 2** Deformasjon av kauser ved et lastnivå på 225 kN.

To av kausetyperne (K2B og K3B) kan ikke få type II deformasjon. Det skyldes trekantplaten som er sveiset inn. Det var noe variasjon mellom kausene fra samme leverandør men generelt så var type II deformasjonen minst for rørkausene og K3 kausene fra Leverandør 1. Type II deformasjonen var noe større for K3 kausene fra Leverandør 2, Leverandør 3 og Leverandør 4. Type II deformasjonen var relativt liten og vanligvis i størrelsesorden fra 0,5 cm opp til 1,5 cm. Type II deformasjonen var ikke i noen tilfeller så stor at det var noen fare for at den skulle kunne påføre skader på trossen.

Det ble observert brudd i få av kausene. Og i alle tilfellene var bruddet lite i utstrekning, se Figur 3. I og med at kausene ble utsatt for få pålastninger så skyldes bruddet med relativt stor sikkerhet ikke utmatting men at tøyningene lokalt har vært større enn bruddtøyningen til materialet.





**Figur 3 Begynnende brudd i kause.**

Det ble kun observert begynnende brudd i fire av K3 kausene (tre fra Leverandør 3 og en fra Leverandør 4) og ikke i noen av K2B, K3B eller rørkausene. I og med at alle bruddene oppstod i nærheten av punkt 1 i Figur 1 er det vanskelig å si med sikkerhet når bruddet oppstod i og med at punkt 1 var skjult på sjakkelen som festet den til testmaskinen. I og med at bruddene var meget begrenset i størrelse er det nærliggende å tro at de skjedde ved relativt høy belastning. Bruddet var i alle tilfeller så lite i utstrekning at det ikke var noen fare for at det skulle kunne kutte trossen.

## 7. Diskusjon













### 7.1. Tillatt lastnivå

Kausen er i seg Lev3-v ikke et lastbærende element, men har blant annet som funksjon å beskytte tauverket mot gnag i kontaktpunkt samt sikre en enkel og sikker sammenkobling av forskjellige element i fortøyningssystemet. Det kan ikke tillates at kausene blir så kraftig deformert at de kan skade tauet, enkelt forsvinne fra spleis eller vanskeliggjør fra og sammenkobling. Ingen av kausene som ble testet ble deformert så mye at funksjonskravene ikke ble tilfredsstillt.

NS 9415 stiller i dag ingen krav til kauser og sier ikke noe om hvordan lastnivå skal defineres. For de fleste lastbærende komponenter er det vanlig å kreve at det ikke oppstår varige deformasjoner, i og med at kauser ikke er lastbærende i denne sammenhengen så vil det ikke være unaturlig å tillate noe varige deformasjon så lenge funksjonskravene blir oppfylt.



**Vedlegg A. Bilder av kauser før og etter test.**

Kolonnen lengst til høyre angir den høyeste lasten kausen ble testet ved. Bildet i kolonne nummer to fra høyre er tatt etter at kausen har vært utsatt for den høyeste belastningen.

Leverandør	Type	Før test	Ved 225 kN	Etter makslast	Øvre testlast
Leverandør 1	K2B				275 kN
Leverandør 1	K2B				275 kN
Leverandør 1	K2B				275 kN
Leverandør 1	K2B				275 kN



Leverandør 1	K3				275 kN
Leverandør 1	K3				275 kN
Leverandør 1	K3				275 kN
Leverandør 1	K3				275 kN


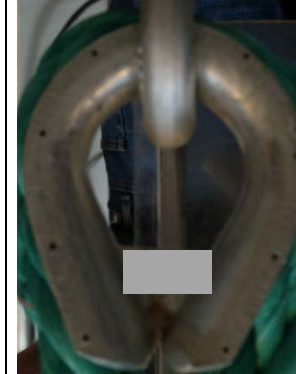
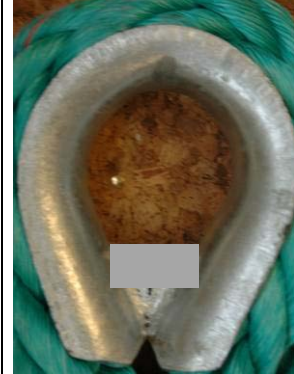

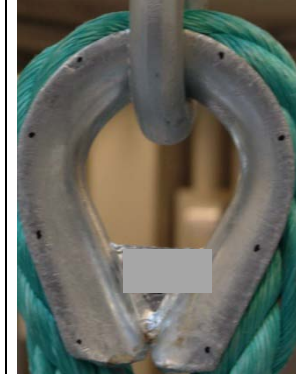

Leverandør 1	Rør kause				225 kN
Leverandør 1	Rør kause				225 kN
Leverandør 1	Rør kause				225 kN
Leverandør 1	Rør kause				225 kN




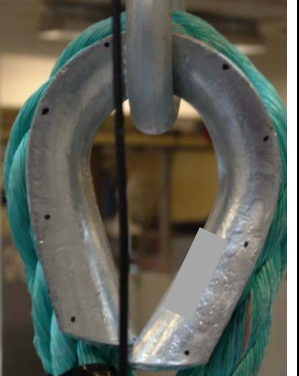





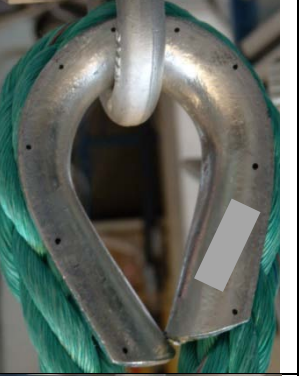


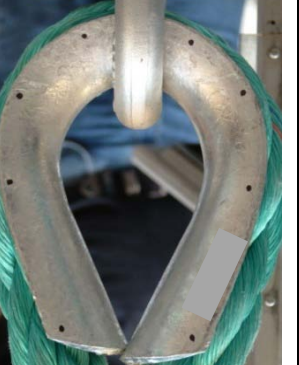

Leverandør 2	K3				300 kN
Leverandør 2	K3				300 kN
Leverandør 2	K3				350 kN
Leverandør 2	K3				350 kN













Leverandør 2	K3B				325 kN
Leverandør 2	K3B				350 kN
Leverandør 2	K3B				350 kN
Leverandør 2	K3B				325 kN



Leverandør 2	K3BK				325 kN
Leverandør 2	K3BK				325 kN



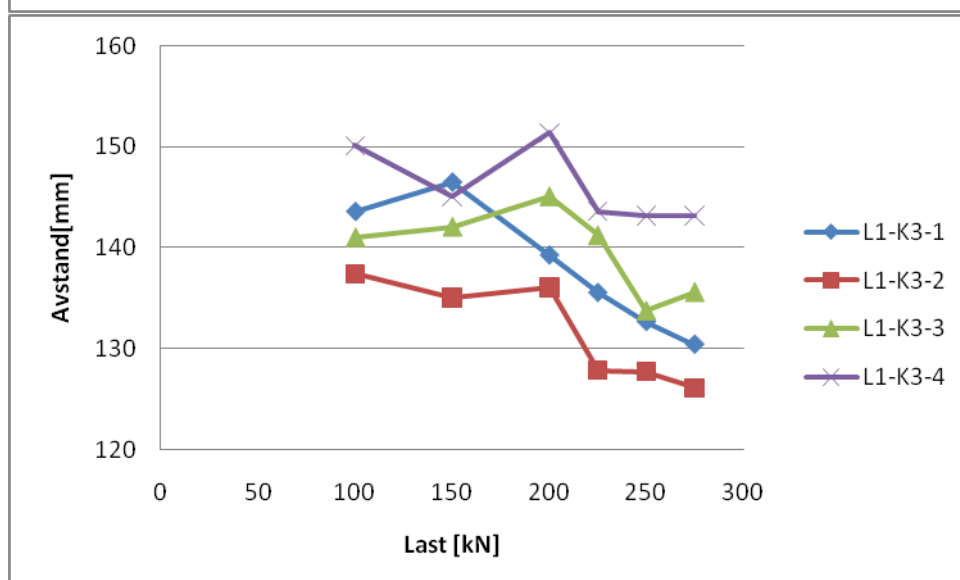
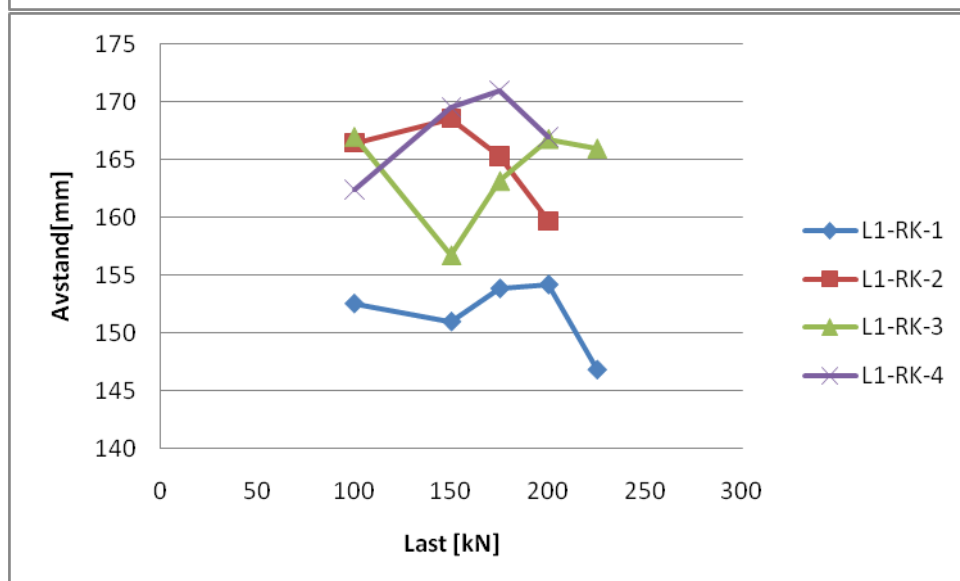
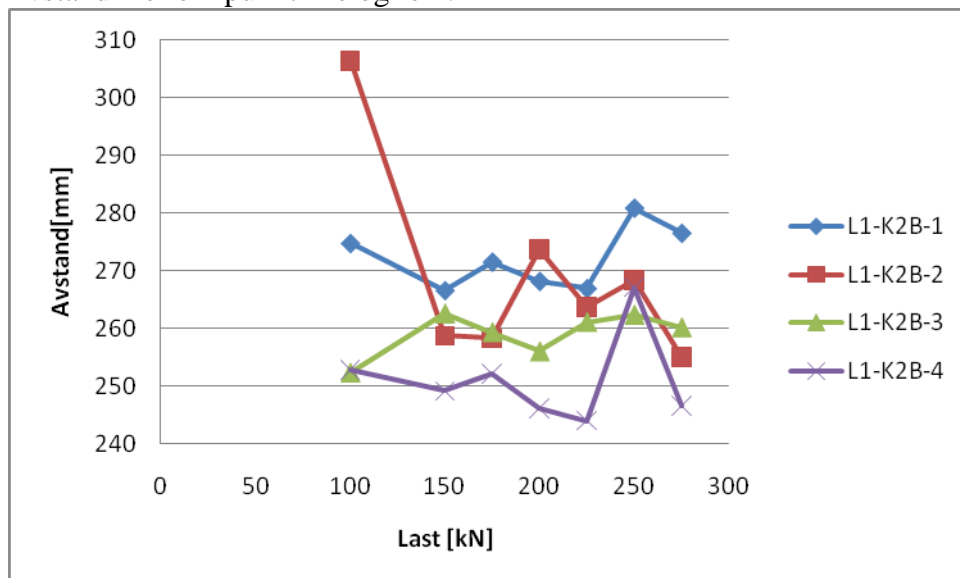
Leverandør 3	K3				300 kN
Leverandør 3	K3				300 kN
Leverandør 3	K3				300 kN
Leverandør 3	K3				300 kN

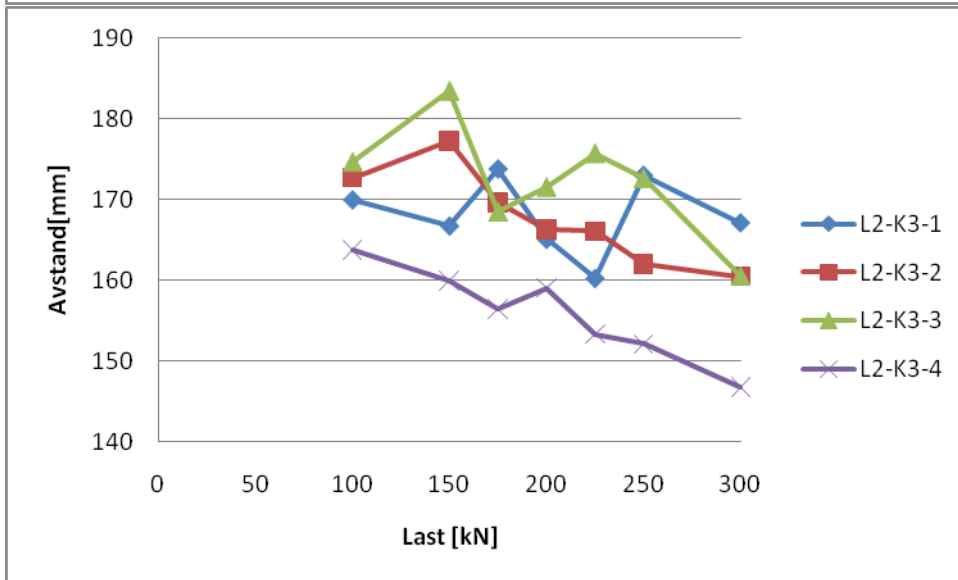
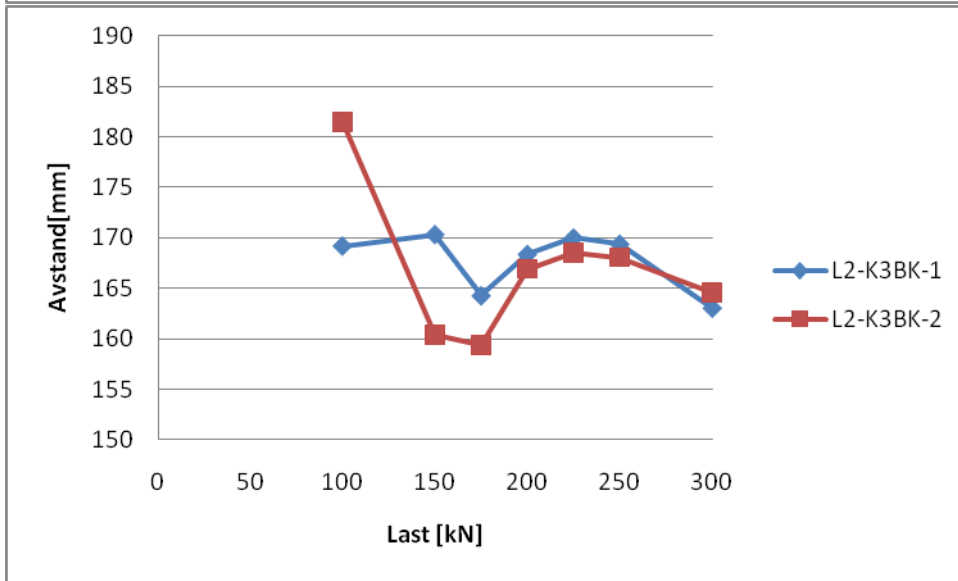
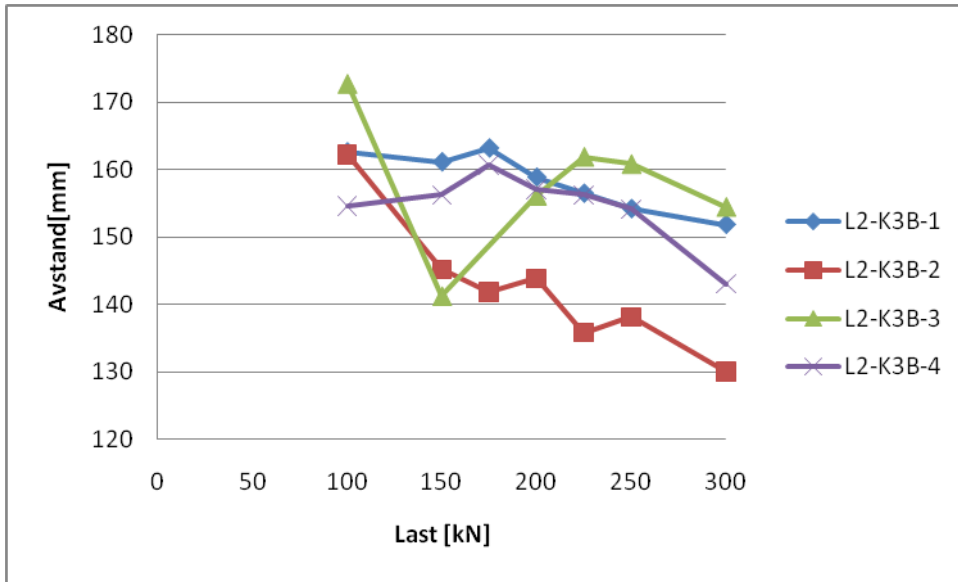
Leverandør 4	K3				300 kN
Leverandør 4	K3				300 kN
Leverandør 4	K3				300 kN
Leverandør 4	K3				300 kN

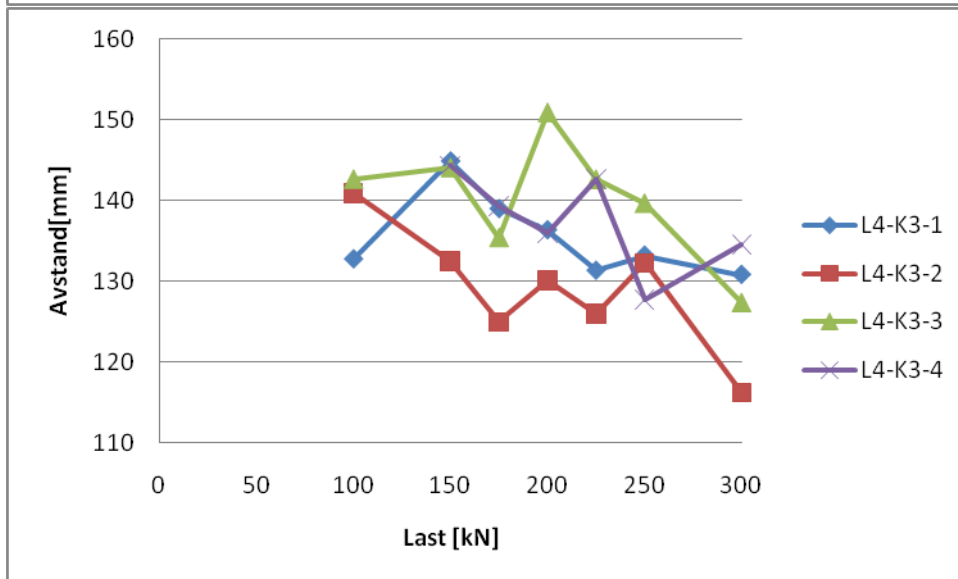
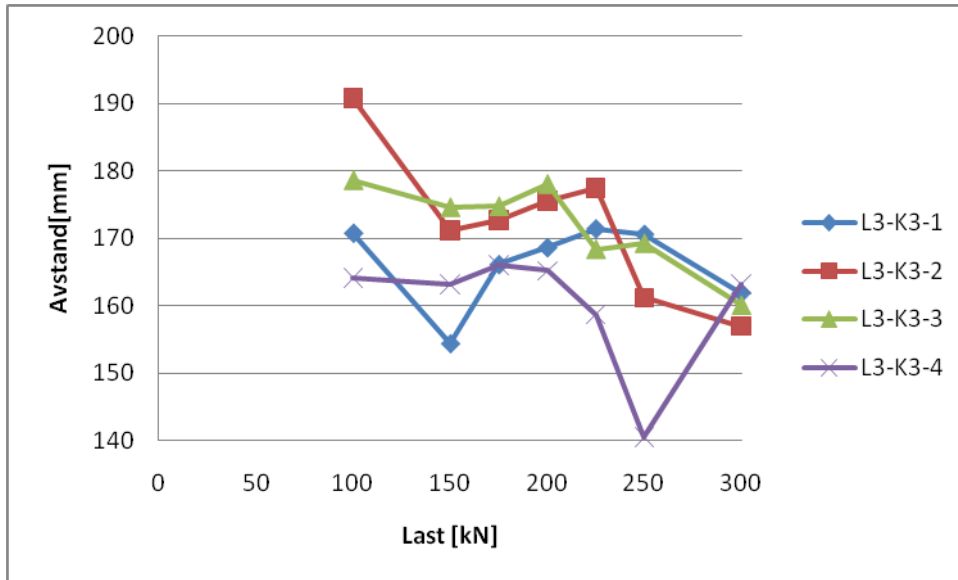


## Vedlegg B. Kraft forskyvningskurver

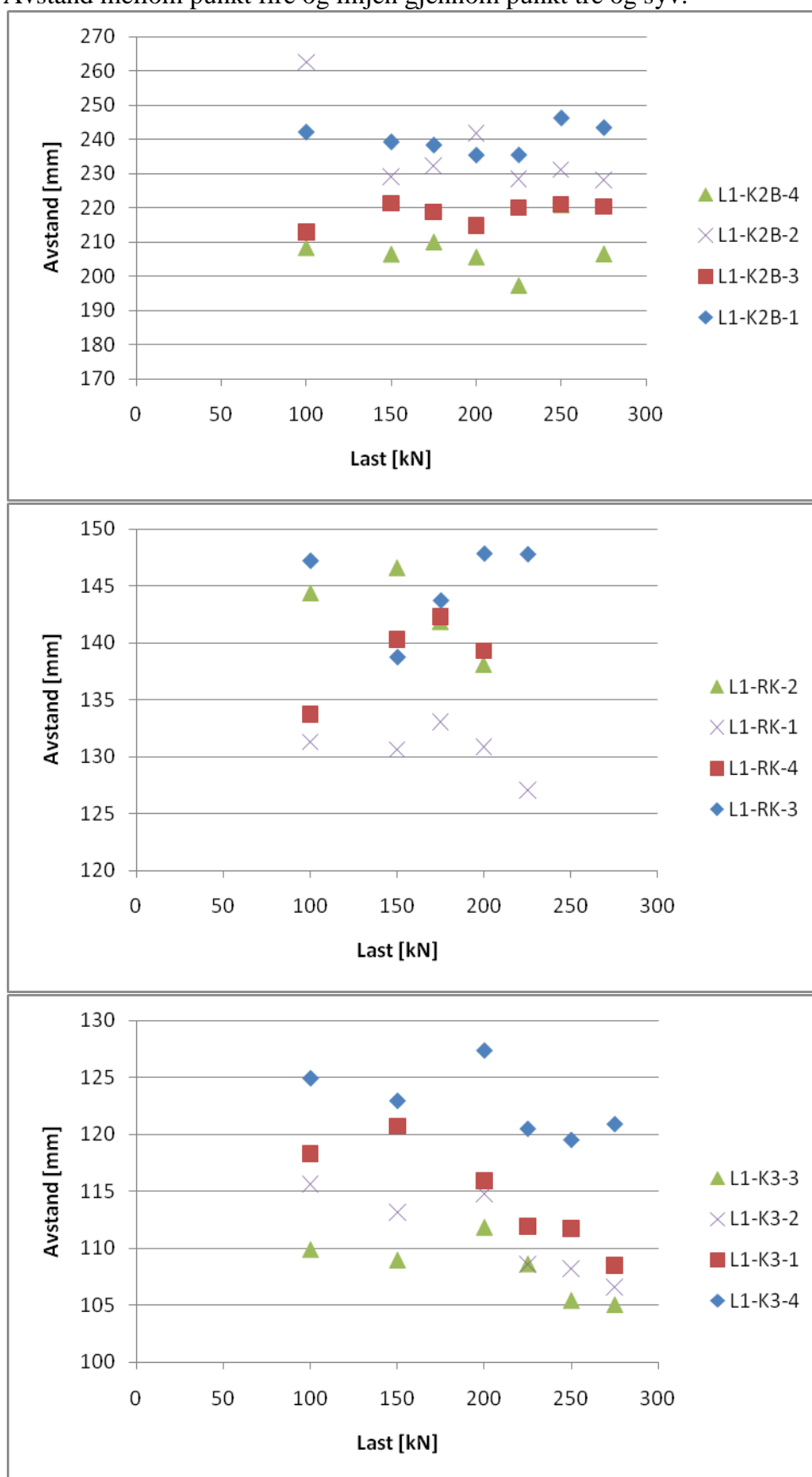
Avstand mellom punkt fire og fem.

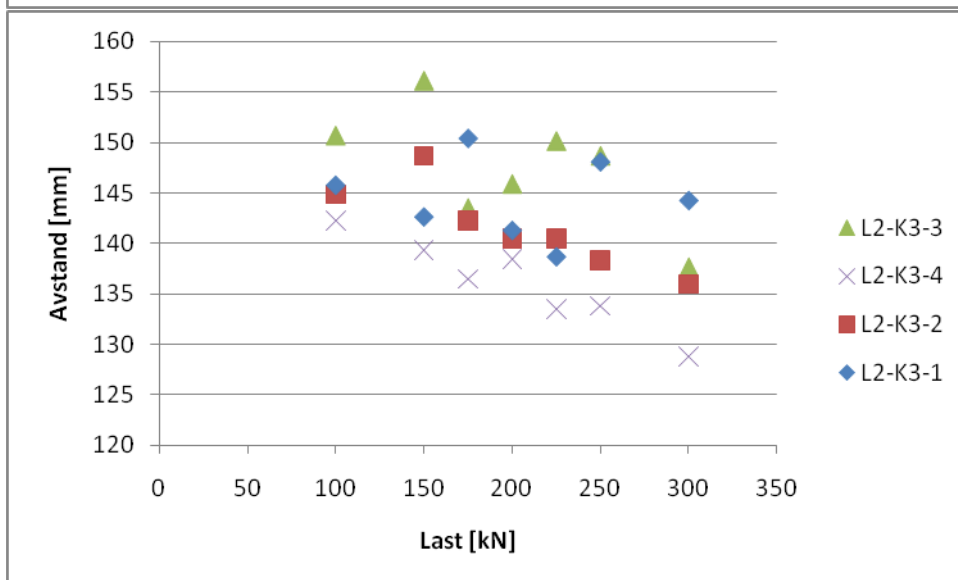
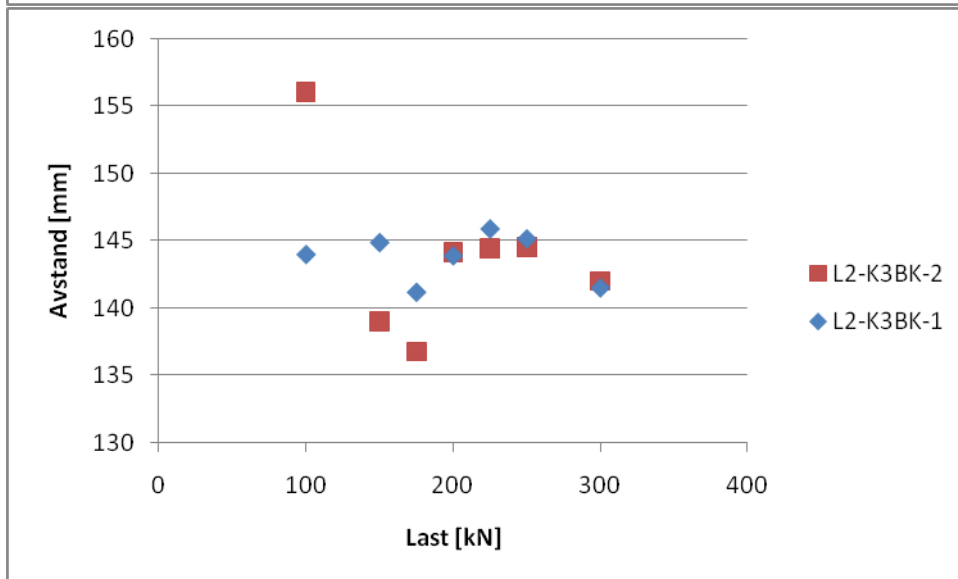
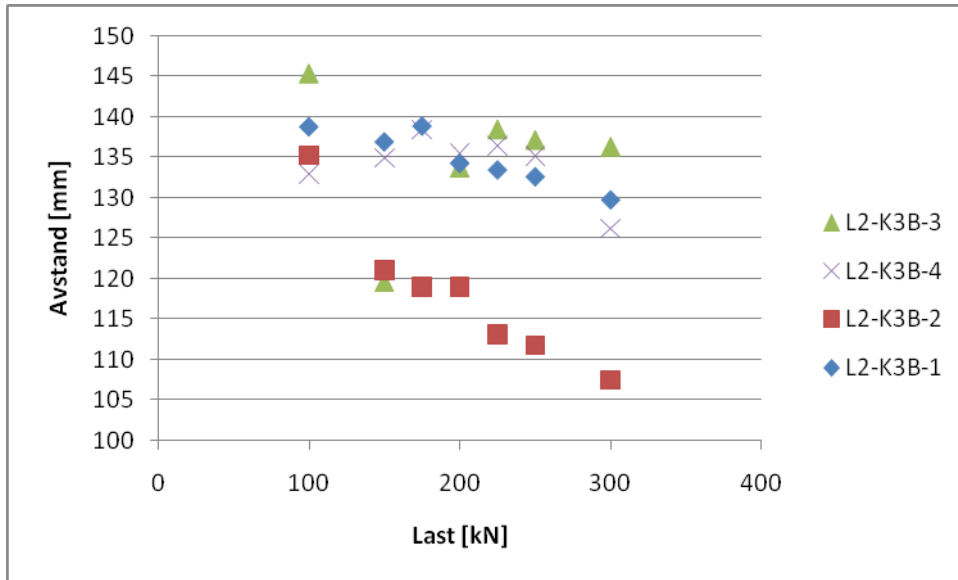




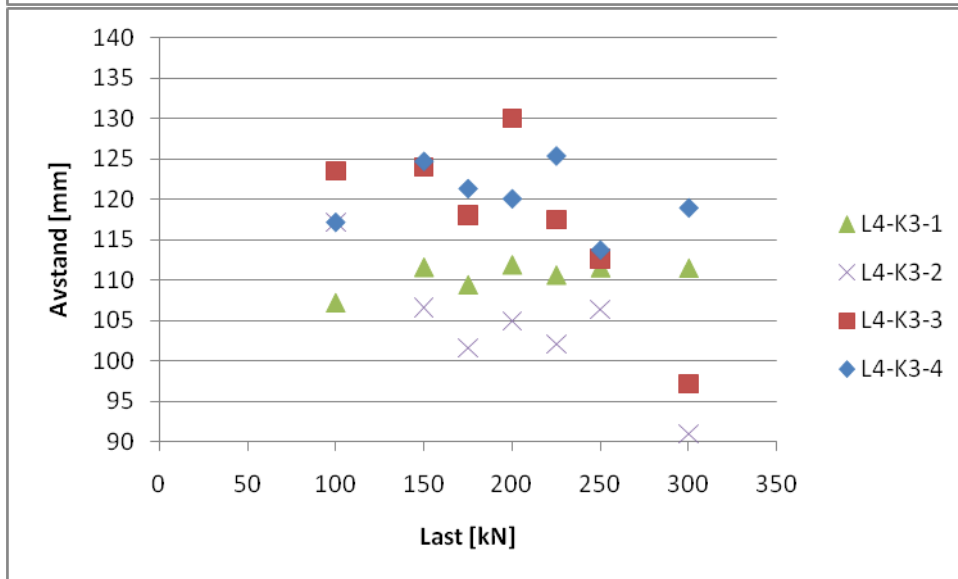
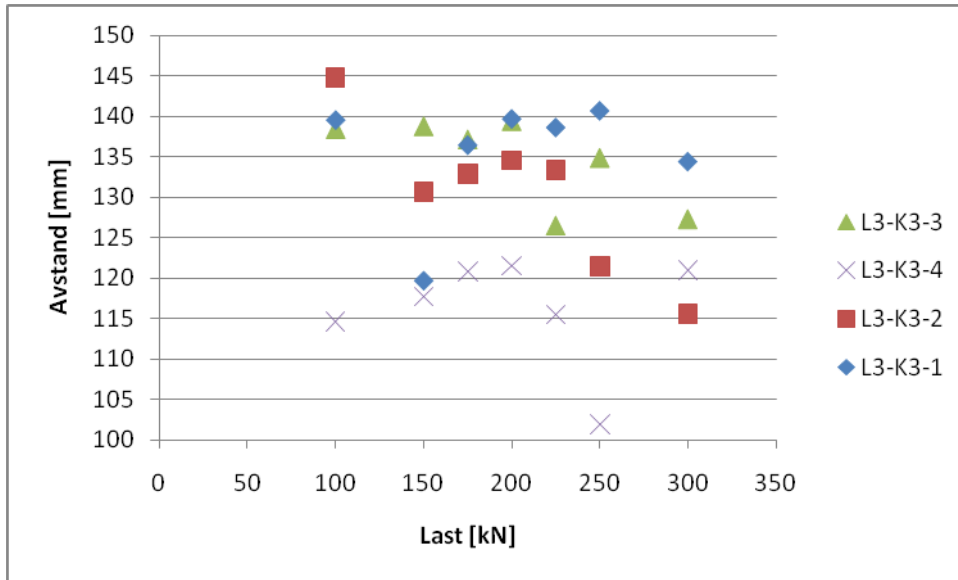


Avstand mellom punkt fire og linjen gjennom punkt tre og syv.









**Trondheim**

Adresse: 7465 Trondheim

Telefon: 73 59 30 00

Fax: 73 59 33 50

**Oslo**

Adresse: P.O. Boks 124, Blindern, 0314 Oslo

Telefon: 22 06 73 00

Fax: 73 06 73 50