

Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITSKAPLEGE FAKULTET

MASTEROPPGÅVE

Studieprogram/spesialisering: Konstruksjoner og materialer, bygg	Vårsemester, 2012 Open
Forfatter: Rune Nornes (signatur forfatter)
Fagansvarleg: Rolf A. Jacobsen Rettleiar(ar): Anders Hanevik	
Tittel på masteroppgåva: Revidering av prosedyre for skruetiltrekking med testing og gjennomgang av reglar Engelsk tittel: Revision of procedure for tightening of bolts with testing and review of rules	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Forspenning Skrueforbindelsar NS-EN 1090-2 NS-EN 14399	Sidetal: 72 + vedlegg/anna: 30 Stavanger, 14.06.12 dato/år

Forord

Denne oppgåva er siste del av eit masterstudie innanfor konstruksjoner og materialer ved det Teknisk- Naturvitenskapelige Fakultet ved Universitetet i Stavanger.

Oppgåva er foreslått av, og utført i samarbeid med Bergen Group Rosenberg i Stavanger, og all testing og rapportskriving er gjort ved deira lokalar på Hundvåg i Stavanger.

Arbeidet med oppgåva har vore svært interessant og lærerik sjølv om, men òg på grunn av at det undervegs med arbeidet dukka opp problem som gjorde det vanskeleg å få utføre og undersøkje dei opprinnelege problemstillingane.

Ein generell takk rettast til Bergen Group Rosenberg for lån av lokaler til testing og skriving, og elles all kompetanse og innkjøp av utstyr som var nødvendig for å utføre oppgåva.

Eg vil takke rettleiar ved Rosenberg, Anders Hanevik, for stor hjelp med utforming av oppgåve og for god oppfølging og hjelp under heile prosessen med testing og skriving.

Takk til Barbel Nielsen for hjelp med programvare, Leif Inge Torgersen for lån av plass til utføring av testing, Nils Ståle Hallanger ved innkjøpsavdelinga for hjelp og råd i samband med feilbestilt og defekt utstyr og elles alle andre ved Rosenberg som har hjelpt til med utføring av oppgåva

Takk også til kollega Renathe Kvalvåg.

Til sist vil eg takke rettleiarar ved Universitetet i Stavanger, Rolf Arild Jacobsen og Sudath Chaminda Siriwardane.

Samandrag

Oppgåva omhandlar tiltrekking av skruer i forspente forbindelsar, og hadde som mål å oppdatere og revidere dei eksisterande prosedyrane for skruetiltrekking ved Bergen Group Rosenberg.

Etter utsegn frå Rosenberg har temaet skruetrekking alltid vore eit tema som har vore forbunde med mykje uvissheit, og etter at den nye Eurokoden tok over for gamal standard i 2010 har problemet vorte større på grunn av endringar i krav og reglar. Rosenberg har difor hatt to ynskjer i forbindelse med skriving av denne oppgåva. Det fyrste var å få ein gjennomgang av det nye regelverket for å få kunnskap om kva slags reglar som har endra seg, og kva slags nye reglar som har vorte lagt til. Dette gjeld kapittel åtte i standarden NS-EN 1090-2 som omhandlar utføring av mekaniske forbindelsar og dei viktigaste punkta i gruppa med standardar frå NS-EN 14399-1 til NS-EN 14399-10. NS-EN 1090-2 erstattar NS 3464, medan NS-EN 14399-standardane er nye, og omhandlar krav til dei forskjellige komponentane i ein skrueforbindelse.

Det andre målet med oppgåva var å utføre grundige testar av skruesett i samsvar med krava i desse nye standardane. Standardane set krav til utføring av slike testar slik at dei mest mogleg skal etterlikne trekkemetodar som vert brukt på verftet. Med bakgrunn frå testresultata skulle prosedyrane for skruetiltrekking ved Rosenberg reviderast. Det var og eit ynskje om å få verifisere testresultata med berekningar.

Denne oppgåva består dermed av to hovuddelar, der den første tek for seg kva endringar og tillegg som er innført i dei nye standardane og fungerer som eit viktig teoretisk grunnlag for den andre delen som består av utarbeiding av testprosedyrar, utføring av testing og drøfting av resultat.

Oppgåva er utført delvis i samarbeid med bachelorstudent Renathe Kvalvåg, då omfanget og typen arbeid etter Rosenberg si meining var for omfattande til å verte gjort tilfredsstillande av ein person. Samarbeidet resulterte i to forskjellige oppgåver som tok for seg ulike delar av utføring av testane.

Under arbeidet med oppgåva oppstod det store problem knytt til utstyret som skulle måle spenning i skruane og tiltrekkingsmoment. Det viste seg fyrst at det var bestilt inn utstyr som gjorde at spenning og moment ikkje kunne målast på likt. Nytt utstyr måtte då bestillast inn slik at testing vart utsett i seks veker. Når testing var sett i gong viste det seg at resultata var for avvikande frå teoretiske verdiar. Resultatet av dette vart at det måtte utarbeidast metodar for å finne ut kvifor utstyret ikkje fungerte som det skulle. Ut frå desse testane vart det saman med leverandør konkludert med at utstyret var defekt og måtte returnerast.

Desse problema medførte at oppgåva ikkje kunne gjennomførast slik som planlagt. Det er dermed i oppgåva sin andre del skrive om prosessen med å undersøke kva som var feil med måleutstyret, og kva konklusjonar dette resulterte i.

Innholdsliste

Forord.....	2
Samandrag.....	3
Figurliste.....	7
1 Gjennomgang av standardar.....	8
1.1 Innleiing.....	8
1.2 NS-EN 1090-2 [1].....	8
1.2.1 Framgangsmåte for samanlikning av standardar.....	8
1.2.2 Kapittel 8.1: Generelt.....	9
1.2.3 Kapittel 8.2.2: Skruer.....	10
1.2.4 Kapittel 8.2.3: Mutrar.....	10
1.2.5 Kapittel 8.2.4: Underlagsskiver.....	11
1.2.6 Kapittel 8.3: Tiltrekking av ikkje-forspente skruer.....	12
1.2.7 Kapittel 8.4: Kontaktflater i friksjonsforbindelsar.....	12
1.2.8 Kapittel 8.5.1: Generelt om tiltrekking av forspente skruer.....	13
1.2.9 Kapittel 8.5.2: Referanseverdier for tiltrekkingsmoment.....	18
1.2.10 Kapittel 8.5.3: Momentmetode.....	18
1.2.11 Kapittel 8.5.4: Kombinert metode.....	19
1.2.12 Kapittel 8.5.5: HRC-metode.....	20
1.2.13 Kapittel 8.5.6: Metode med direkte spenningsindikator (DTI).....	20
1.2.14 Kapittel 8.6: Passkruser.....	21
1.2.15 Kapittel 8.7.1: Naglar.....	21
1.2.16 Kapittel 8.7.2: Installasjon av naglar.....	21
1.2.17 Kapittel 8.7.3: Akseptkriterie.....	22
1.2.18 Kapittel 8.8: Innfesting av tunnvegga komponentar.....	22
1.2.19 Kapittel 8.8.1: Generelt.....	23
1.2.20 Kapittel 8.8.2: Bruk av sjølvgjengande og sjølvborande skruer.....	23
1.2.21 Kapittel 8.8.3: Bruk av blindnaglar.....	24
1.2.22 Kapittel 8.8.4: Innfesting av sideoverlappingar.....	24
1.2.23 Kapittel 8.9: Bruk av spesielle festemiddel og festemetodar.....	24
1.2.24 Kapittel 8.10: Riving og griping av rustfrie stål.....	25
1.3 NS-EN 14399 [2].....	26
1.3.1 Generelt.....	26

1.3.2	Fysiske forskjellar på HR-system og HV-system.....	28
1.3.2.1	Skruar.....	28
1.3.2.2	Mutrar	30
1.3.3	Krav til merking.....	31
1.3.4	K-klassar og k-faktor	32
1.3.5	CE-merking [3], [4].....	33
1.3.6	Tiltrekkingsmetodar utan behov for kontroll av moment.....	33
1.3.6.1	DTI.....	33
1.3.6.2	HRC	35
2	Skruetesting.....	36
2.1	Mål med testing.....	36
2.2	HR- og HV-skruer	36
2.3	Presentasjon av testutstyr og oppsett	37
2.3.1	Bestilling	37
2.3.2	Kraftcelle.....	37
2.3.3	Momentmålarar	38
2.3.4	Transmitter	39
2.3.5	Oppkopling av utstyr	39
2.4	Plan for gjennomføring av test.....	41
2.5	Bearbeiding av testresultat	42
2.6	Tolking av resultat	44
2.7	Samandrag av testing.	45
3	Resultat.....	46
3.1	Resultat frå fyrste testdag	46
3.1.1	M16 – 10 mm stålplate.....	46
3.1.2	M16 – Vanleg underlagsskive.....	48
3.1.3	M20.....	49
3.2	Konklusjon frå fyrste testdag.....	51
4	Utstyrstesting	53
4.1	Føremål.....	53
4.2	Feilkjelder	53
4.3	Testing av momentmålarar	54
4.4	Testing av kraftceller	55

4.4.1	Testing ved TEO Teknikk AS.....	55
4.4.1.1	Resultat.....	56
4.4.1.2	Konklusjon etter testing hjå TEO Teknikk AS.....	59
4.4.2	Testing ved UiS	59
4.4.2.1	Plan for testing	60
4.4.2.2	Resultat.....	61
4.4.2.3	Konklusjon	69
5	Konklusjon	69
6	Forslag til framtidig arbeid	70
7	Kjelder.....	70
7.1	Figurar.....	70
7.2	Litteratur.....	72

Figurliste

Figur 1: Toleranse for avvik i tjukkeleik på komponentar	10
Figur 2: Klemlengde	10
Figur 3: Avfasa underlagsskive	11
Figur 4: Kontroll av klaring ved bruk av DTI.....	20
Figur 5: Forklaring til mål på skruer.....	28
Figur 6: Merking av skrue	31
Figur 7: Merking av mutter.....	31
Figur 8: Merking av underlagsskiver	32
Figur 9: Døme på CE-merking i henhold til standard	33
Figur 10: Tradisjonell DTI med framspring	34
Figur 11: Ferdig tiltrekt DTI med silikonindikator.....	34
Figur 12: Prinsipp ved tiltrekking av HRC-bolt.....	35
Figur 13: Kraftceller	37
Figur 14: Liten momentmålar.....	38
Figur 15: Stor momentmålar	38
Figur 16: Transmitter framside Figur 17: Transmitter bakside.....	39
Figur 18: Lodding av leidningar	40
Figur 19: Skjerm bilde frå program for logging av data.....	40
Figur 20: Graf før bearbeiding	43
Figur 21: Graf etter bearbeiding.....	43

1 Gjennomgang av standardar.

1.1 Innleiing

Det vert i denne delen av oppgåva gjennomgått endringar og tillegg i krav til utføring og komponentar i mekainske forbindelsar etter at dei gamle standardane på området vart trekte attende i mars 2010. Standardane som skal undersøkast er NS-EN 1090-2, og serien med standardar frå NS-EN 14399-1 til NS-EN 14399-10. NS-EN 1090-2 erstattar den gamle NS 3464 og omhandlar krav til utføring. NS-EN 14399-standardane tek for seg krav til høgfaste skrueforbindelsar i forspenning.

Stort sett alt materiale i alle delkapittel under kapittel 1 er henta frå desse standardane.

1.2 NS-EN 1090-2 [1]

I tråd med oppgåva vil samanlikninga av denne standarden kun dreie seg om kapittel åtte, som omhandlar mekaniske forbindelsar. Kapittelinnstillinga vert teken for seg slik den er i den gjeldande standarden, og så langt som det er mogleg vil det i samanlikninga kun verte gjort greie for endringar frå gamal standard. Alle krav og reglar som har same innhald i gamal og ny standard vert ikkje tekne opp her med mindre det må gjerast for å forstå konteksten endringane vert nemnde i.

1.2.1 Framgangsmåte for samanlikning av standardar

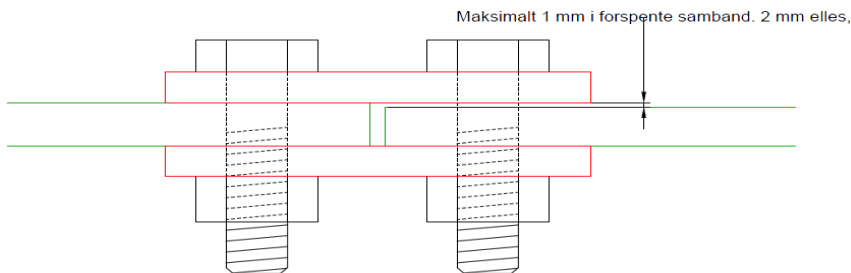
Den nye standarden har ein litt annan oppbygging enn den gamle, og ikkje alle kapittel er direkte samanliknbare. Generelt er den nye standarden meir omfattande enn den gamle. Punkt som fins i begge standardar er som oftast lengre i den nye, og i tillegg har den nye ein del ekstra kapittel mot slutten. I tabellen under er alle kapitla i den nye standarden samla, og tilsvarande kapittel i den gamle standarden er ført opp dersom dei fins.

Ny standard	Omhandlar	Gamal standard
8.1	Krav til forbindelsar.	8.1
8.2.1	Generelt om bruk av skruesett. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.2.2	Krav til skruer.	8.3
8.2.3	Krav til mutterar.	8.4
8.2.4	Krav til underlagsskiver.	8.5
8.3	Tiltrekking av ikkje-forspente skruer.	8.6
8.4	Forbehandling av kontaktflater i friksjonsforbindelsar.	8.8
8.5.1	Generelt om tiltrekking av forspente skruer.	8.7.1
8.5.2	Referanseverdiar for tiltrekkingsmoment. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.5.3	Utførelse av tiltrekking med momentmetode.	8.7.2
8.5.4	Utførelse av tiltrekking med kombinert metode.	8.7.5
8.5.5	HRC-metode. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.5.6	Utførelse av tiltrekking med direkte spenningsindikator.	8.7.4
8.6	Passskruer.	8.10.2
8.7.1	Naglar.	Tillegg B.3
8.7.2	Installasjon av naglar.	Tillegg B.4
8.7.3	Akseptkriterie.	Tillegg B.5
8.8.1	Generelt om innfesting av tunnvegga komponentar. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.8.2	Bruk av sjølvgjengande og sjølvborande skruer. Nytt i NS-EN 1090-2	
8.8.3	Bruk av blindnaglar. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.8.4	Infesting av sideoverlappingar. Nytt i NS-EN 1090-2.	
8.9	Bruk av spesielle festemiddel og festemetodar.	8.9
8.10	Riving og griping av rustrie stål. Nytt i NS-EN 1090-2.	

1.2.2 Kapittel 8.1: Generelt

Forskjell i tjukkeleik på forskjellige komponentar i ein mekanisk forbindelse er som før. Det kan nyttast mellomleggsskiver for å sikre at denne grensa vert overhaldd. NS 3472 åpna for bruk av fleire enn tre mellomlagsskiver dersom desse var fastholdte, men NS-EN 1090-2 har tre som maksimalt antal mellomleggsskiver.

Elles vert det i NS-EN 1090 lagt vekt på at ein må vere merksam på faren for hulromskorrosjon og galvanisk korrosjon der mellomleggsplater vert brukt. I aggressive miljø kan det vere nødvendig med tettare kontakt for å unngå hulromskorrosjon, og galvanisk korrosjon kan oppstå dersom metall dersom metall av bestemte typar kjem i kontakt. Dette må det takast hensyn til når val av mellomleggsplate vert gjort.



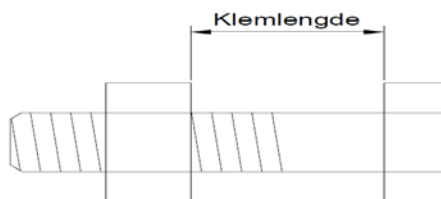
Figur 1: Toleranse for avvik i tjukkleik på komponentar

1.2.3 Kapittel 8.2.2: Skruer

Dersom ein nyttar skruer frå HV-systemet, er det vist til NS-EN 14399-4:2005 for krav til maksimum- og minimumsverdiar på klemlengder ved bruk av skruar frå HV-systemet. Klemlengden er avstanden mellom underkant av skruhovudet, og toppen på mutteren.

Det er og kravd i ny standard at skruelengder skal angis dersom ein forbindelse sin kapasitet for avskjæring er berekna for ugjenga skrueskaft. Dette for å sikre at snittet i forbindelsen ikkje hamnar i den gjenga delen. Her må ein merke seg at lengden på ugjenga skrueskaft med fullt tverrsnitt er kortare enn oppgitt nominell ugjenga lengde.

Krav til antal frie gjenger er som tidlegare fire frie gjenger.



Figur 2: Klemlengde

1.2.4 Kapittel 8.2.3: Muttrar

Som før må det sikrast at mutteren kan skruast fritt på skruen. Ny standard angir to metodar som kan brukast dersom eit kraftdrevet verkøy vert brukt:

- Manuell kontroll før installering av kvart nytt parti med skruer og muttrar.
- Stikkprøvar av skruesett som er montert men ikkje stramma til.

1.2.5 Kapittel 8.2.4: Underlagsskiver

Når ein brukar underlagsskiver under skruehovudet på forspente forbindelsar må dei vere avfasa etter NS-EN 14399-6. Dette er for å hindre at ujamnheit i kantane på skivene kan risse i skruehovudet under tiltrekking. Underlagsskiver som ikkje er avfasa kan kun brukast under mutter. Det er verdt å merke seg at dette fører til at skruer av 10.9-kvalitet alltid må brukast med avfasa underlagsskiver, då desse skruene har krav om underlagsskive både under mutter og skruehovud.

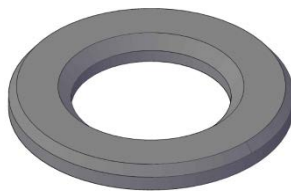
I forbindelsar med avlange og overstore hol skal underlagsskiver nyttast. Opp til tre ekstra (altså totalt fire) underlagsskiver med total tjukkeleik på maks 12mm kan brukast for å justere klemlengder.

Ved tiltrekking med momentmetoden kan ein bruke maksimalt ei ekstra underlagsskive på den roterande sida. På sida som ikkje roterer kan fleire brukast. Ved andre tiltrekkingsmetodar kan ei eller fleire ekstra underlagsskiver plasserast enten på roterande eller ikkje-roterande side.

Ein må merke seg at skjærflata for skrua kan flytte seg dersom ein bruker underlagsskiver for å justere klemlengder. Ein må difor forsikre seg om at skjærflata ikkje har gått frå ugjenga skaft til gjenga slik at skjærflata har vorte redusert.

Skråskiver må brukast dersom underlaget dannar ein vinkel med eit tenkt plan vinkelrett på skruen si lengdeakse på over:

- 3° for skruer med diameter $\leq 20\text{mm}$
- 2° for skruer med diameter $> 20\text{mm}$



Figur 3: Avfasa underlagsskive

1.2.6 Kapittel 8.3: Tiltrekking av ikkje-forspente skruer

Skruer skal trekast saman “slik at de oppnår god kontakt”. Gamal standard tillot opningar på 2mm mellom kontaktflatene. Ny standard har endra til at ein godtek opningar på opp til 4 mm i kantane dersom ein har fullt annlegg i den sentrale delen av forbindelsen. Ein føresetnad er at delane i forbindelsen må ha ein tjukkelse større enn 4 mm for plater og 8 mm for profilar.

Gamal standard hadde ein rettleiande tabell med kva moment som måtte brukast for å oppnå fast kontakt utan å overbelaste skruene. Denne er no fjerna. Frå Rosenberg si erfaring var dei oppgidde momenta og ofte for store, og resulterte i at skruane gjekk til brudd. I ny standard heiter det, som før, at skruene skal trekkast til fast kontakt utan å overbelaste skruene. Begrepet fast kontakt er forholdsvis vagt definert som “kraften som opnås når én person bruker en skrunøkkel med normal størrelse utan forlengelse”.

Det er og lagt til ein ny spesifikasjon på korleis tiltrekking av skruegrupper skal utførast, der tiltrekking skal byrja i den stivaste delen av forbindelsen.

1.2.7 Kapittel 8.4: Kontaktflater i friksjonsforbindelsar

I ny standard er det gjort klart at punktet ikkje gjeld for rustfrie stål, samt ikkje omhandlar korrosjonsbeskyttelse. Dette er dekkja i eit anna kapittel.

Det er lagt til eit krav om at området for kontaktflate må vere oppgitt i forspente forbindelsar.

Kontaktflater må vanlegvis testast etter metode beskreve i standard, men nokre overflatebehandingar er oppgitt i tabellform med tilhøyrande friksjonsverdi og klasse. Tabellen i den nye standarden vert vist her med endringar frå gamal standard.

Overflatebehandling	Klasse	Friksjonskoeffisient μ	Endring
Overflatene er blåserenset med runde (shot) eller kantede (grit) blåsemidler, all løst rust er fjernet, ingen groper.	A	0,50	μ er endra frå $\mu \geq 0,5$
Overflatene er blåserenset med runde (shot) eller kantede (grit) blåsemidler: a) Sprøytemetallisert med aluminium eller sink b) Med alkali-sinksilikatmaling med filmtykkelse fra 50 μm til 80 μm	B	0,40	Behandling a) var i gamal standard oppgidd som klasse A med $\mu \geq 0,50$. Behandling b) er endra frå $0,4 \leq \mu < 0,5$
Overflatene er renset med stålbørste eller flammerensing, all løst rust er fjernet	C	0,30	μ er endra frå $0,3 \leq \mu < 0,4$
Overflatene er ikke behandlet	D	0,20	μ er endra frå $0,2 \leq \mu < 0,3$

Generelt ser ein at friksjonskoeffisienten er endra frå å skulle ligge i eit intervall på 0,1 til i ny standard å vere det lågaste talet i det intervallet. Ny standard er på dette punktet dermed meir konservativ enn den gamle, då høg friksjon er ynskjeleg i ein friksjonsforbindelse.

1.2.8 Kapittel 8.5.1: Generelt om tiltrekking av forspente skruer

Ein av dei største endringane i ny standard er at nominell minste forspenningskraft, $F_{p,C}$, er endra til $F_{p,C} := 0.7f_{ub} \cdot A_s$ mot tidlegare $F_p := 0.63f_{ub} \cdot A_s$. I og med at A_s er lik som i gamal standard betyr dette at forspenningskrafta er auka frå å vere 63% av strekkfastleiken til skrua til 70%. Dette betyr ei prosentvis auke på:

$$\frac{0.7 - 0.63}{0.63} = 11.111\%$$

Samanlikna med flytegrensa i skruane vert endringa som følgjer:

Fastleiksklasse	Strekkfastleik, f_{ub} (N/mm ²)	Flytegrense, f_{yb} (N/mm ²)	Gamal standard		Ny standard	
			$0,63 \cdot f_{ub}$	% av f_{yb}	$0,70 \cdot f_{ub}$	% av f_{yb}
8.8	800	640	504	78,75%	560	87,5%
10.9	1000	900	630	70%	700	77,78%

Standarden seier ingenting om den faktiske verdien på skruen sitt spenningsareal, men i tabell 19 i NS-EN 1090-2 er det oppgitt ein tabell for verdier av $F_{p,C}$ for forskjellige skruediametrar. Under følgjer ei utrekning av spenningsarealet til skruene ut frå desse oppgitte verdiane, og ei grafisk framstilling av endringa i nominell minste forspenningskraft frå gamal standard.

Berekning av A_s ved omrekning av tabell 19 i NS-EN 1090-2:2008

Basert på formelen for nominell minste forspenningskraft, $F_{p,C} = 0,7f_{ub}A_s$ er desse verdiane for $F_{p,C}$ oppgitt i tabell 19 for ulike skruer av dimensjon M12, M16, M20, M22, M24, M27, M30 og M36:

Dimensjonar: $D := \begin{pmatrix} 12 \\ 16 \\ 20 \\ 22 \\ 24 \\ 27 \\ 30 \\ 36 \end{pmatrix} \text{ mm}$

Fastheitsklasse 8.8: $F_{p,C.8} := \begin{pmatrix} 47 \\ 88 \\ 137 \\ 170 \\ 198 \\ 257 \\ 314 \\ 458 \end{pmatrix} \text{ kN}$ Fastheitsklasse 10.9: $F_{p,C.10} := \begin{pmatrix} 59 \\ 110 \\ 172 \\ 212 \\ 247 \\ 321 \\ 393 \\ 572 \end{pmatrix} \text{ kN}$

Frå NS-EN 1993-1-8:2005, tabell 3.1 er nominell strekkfastleik for fastheitsklassane:

$$f_{ub.8} := 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{ub.10} := 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A_s er definert som "skruens eller fundamentboltens tverrsnittareal for strekk". Her vert A_s rekna ut for begge fastheitsklassane, for deretter å ta gjennomsnittsverdien av dei to enkeltresultata. Dette for å få eit mest mogleg nøyaktig resultat, og å eliminere feil som følgjer av avrundingar av dei oppgitte forspenningskreftene i standarden.

Omskriving av formel: $F_{p,C} = 0,7f_{ub} \cdot A_s \Rightarrow A_s = \frac{F_{p,C}}{0,7f_{ub}}$

$$A_{s.8} := \frac{F_{p.C.8}}{0.7 \cdot f_{ub.8}} = \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.10} := \frac{F_{p.C.10}}{0.7 f_{ub.10}} = \cdot \text{mm}^2$$

Gjennomsnittleg tverrsnittsareal for strekk: $A_s := \frac{A_{s.8} + A_{s.10}}{2} = \left(\begin{array}{c} 157.143 \\ 245.179 \\ 303.214 \\ 353.214 \\ 458.75 \\ 561.071 \\ 817.5 \end{array} \right) \cdot \text{mm}^2$

Forskjell mellom skruediameter og tverrsnittsareal for strekk: $\frac{A_s}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \left(\begin{array}{c} 74.367 \\ 78.156 \\ 78.043 \\ 79.765 \\ 78.077 \\ 80.123 \\ 79.375 \\ 80.314 \end{array} \right) \cdot \%$

Vi ser altså her at tverrsnittsareal for strekk grovt sett ligg rundt 80% av skruediameter.

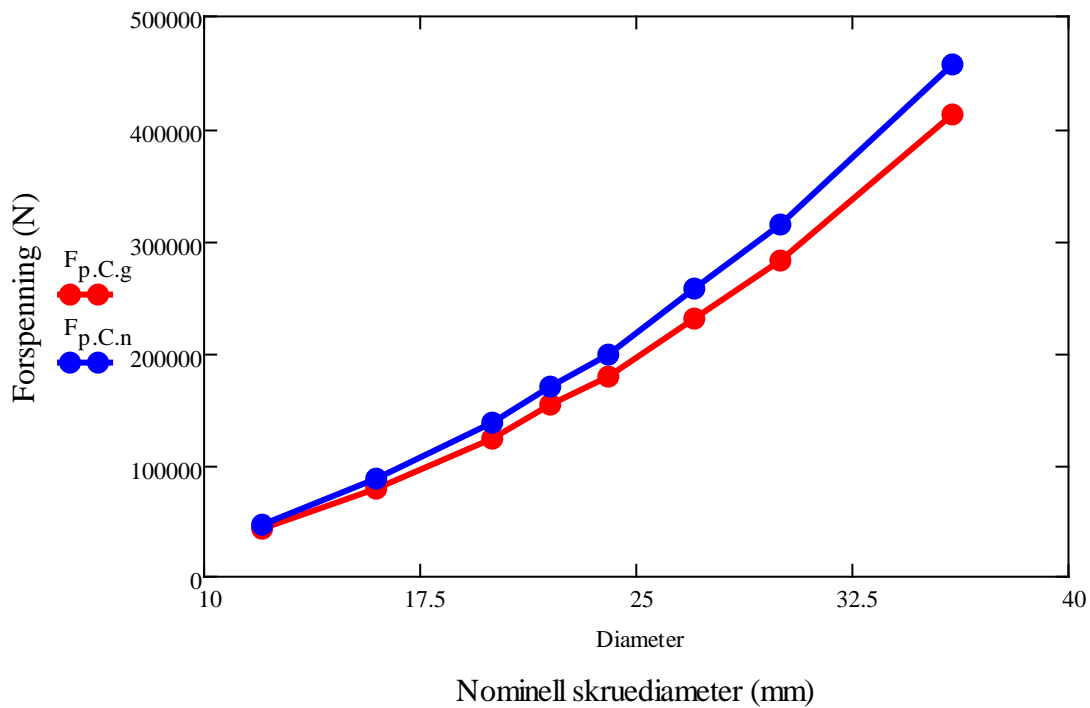
I gamal standard var formelen for forspenning $F_{p,C} = 0,63f_{ub}A_s$. For ein 8.8-bolt vert dermed minste nominelle forspenningskraft for dei ulike dimensjonane:

Gamal standard: $F_{p,C.g} := 0.63 \cdot f_{ub.8} \cdot A_s =$ $\begin{pmatrix} 42.39 \\ 79.2 \\ 123.57 \\ 152.82 \\ 178.02 \\ 231.21 \\ 282.78 \\ 412.02 \end{pmatrix}$ ·kN

Ny standard: $F_{p,C.n} := 0.70 \cdot f_{ub.8} \cdot A_s =$ $\begin{pmatrix} 47.1 \\ 88 \\ 137.3 \\ 169.8 \\ 197.8 \\ 256.9 \\ 314.2 \\ 457.8 \end{pmatrix}$ ·kN

Diameter := D · 1000

Minste nominelle forspenningskraft for utvalgte diametrar



Mutteromdreiningsmetode er ikkje lenger nemnd som ein eigen metode for å utføre tiltrekking.

I gamal standard kunne det velgjast fritt mellom dei ulike tiltrekkingsmetodane. I ny standard må no val av tiltrekkingsmetode samsvare med k-klassen til skruesettet. Ei oversikt er vist i tabell 20, og ei nærare forklaring på k-klassar er gitt i kapittel 1.3.4 i oppgåva. Eit alternativ til denne tabellen er å utføre kalibrering av skruesetta etter tillegg H. Dette er likevel ikkje tillete for momentmetoden med mindre produksjonsgrunnlaget opnar for det.

Tiltrekkingsmetode	k-klasser
Momentmetode	K2
Kombinert metode	K2 eller K1
HRC-tiltrekkingsmetode	K0 med kun HRD-mutter eller K2
Metode med direkte spenningsindikator (DTI)	K2, K1 eller K0

Grader, laust materiale og for tjukke malingslag skal fjernast før montering.

Skruene skal trekkast til ved rotasjon av mutter så lengje denne er tilgjengeleg. Dersom skruen må trekkast til ved rotasjon av skruehovud, kan det vere nødvendig å ta spesielle forholdsreglar avhengig av tiltrekkingsmetode. Kva desse forholdsreglane kan vere er ikkje spesifisert.

Tiltrekking skal utførast frå den stivaste til den minst stive delen av forbindelsen.

Momentnøklar som vert brukt ved tiltrekking med momentmetode skal ha ein nøyaktigheit på $\pm 4\%$, og vedlikehaldast etter NS-EN ISO 6789. Dersom momentnøkkelen vert brukt med kombinert metode er kravet til nøyaktigheit endra til $\pm 10\%$. Dersom ei hending som kan skade momentnøkkelen inntreff skal nøkkelen kontrollerast før vidare bruk.

Dersom andre tiltrekkingsmetodar skal nyttast skal dei kalibrerast i samsvar emd anbefaling frå utstyrsprodusent. Forspenning ved hjelp av hydraulisk utstyr og tiltrekking med ultralydkontroll er nemnde som døme.

Dei oppgitte tiltrekkingsmetodane tek hensyn til mogleg tap av forspenningskraft på delane, til dømes som følgje av relaksasjon eller kryp i overflatebelegg. Dersom det er tjukke overflatebelegg i forbindelsen skal det verte angitt tiltak for å kompensere for mogleg tap av forspenningskraft.

1.2.9 Kapittel 8.5.2: Referanseverdier for tiltrekkingsmoment

I gammel standard måtte det utføres testing for å fastsette kva moment som måtte til for å oppnå ønska forspenningskraft. I den nye standarden er det to metodar for å bestemme kva tiltrekkingsmoment som må nyttast.

- a) Momentverdien kan fastsettast basert på k-klassen som er oppgitt av produsenten av festemiddelet med bruk av ein av desse formlane:
 1. For k-klasse 2: $M_{r,2} = k_m d F_{p,c}$ med oppgitt k_m .
 2. For k-klasse 1: $M_{r,1} = k_m d F_{p,c}$ med oppgitt k_m .

- b) Momentverdien ver fastsett ut frå prøving etter tillegg H, der $M_{r,test} = M_m$.

1.2.10 Kapittel 8.5.3: Momentmetode

Det er i ny standard nærare spesifisert kva slags utstyr som kan brukast til tiltrekkinga. Momentnøklar skal ha passande spennvidde for tiltrekkingsmomentet, og kraftdrevne momentnøklar som til dømes elektrisk drevne og luftdrevne kan brukast. Slagnøklar kan brukast til første del av tiltrekkinga.

Momentet skal påføres jamt og kontinuerleg.

I gammel standard vart momentmetoden utført kun med å trekke til med det nødvendige momentet. No er metoden delt opp i to punkt.

1. I første trinn skal momentnøkkelen stillast inn med ein momentverdi lik $0,75 \cdot M_{r,i}$. Her er $M_{r,i}$ lik $M_{r,2}$ eller $M_{r,test}$ frå punkt 8.5.2. Alle skruene i forbindelsen skal trekkast til med dette momentet før ein kan byrje med punkt 2.
2. Momentnøkkelen vert stilt inn med ein momentverdi lik $1,10 \cdot M_{r,i}$ med $M_{r,i}$ som i punkt 1.

1.2.11 Kapittel 8.5.4: Kombinert metode

I gamal standard var kombinert metode ein kombinasjon av momentmetode og mutteromdreiningsmetode. I NS-EN 1090-2 er mutteromdreiningsmetode ikkje inklydert som ein eigen metode for tiltrekking, men kombinert metode har same namn, og hovudprinsippa er dei same, men med nokre endringar. Tiltrekking med denne metoden omfattar to trinn:

1. Første trinn er likt med første trinn for momentmetoden, men med eit tillegg. I og med at kombinert metode kan nyttast for skruesett med k-klasse K1, kan óg $M_{r,1}$ nyttast som tiltrekkingsmoment. Som ein forenkling kan ein settje $k_m = 0,13$ dersom ikkje anna er angitt. Dermed vert $M_{r,1} = 0,13 \cdot d \cdot F_{p,c}$.
2. Andre trinn består av å dreie den delen av skruesettet som roterer ein bestemt vinkel. Mutteren sin posisjon skal merkast med merkepenn eller fargeblyant. I gamal standard var det oppgitt veiledande verdiar for tilleggsrotasjon, men testing måtte utførast. Ny standard brukar dei same verdiane, men det er no angitt at det er desse verdiane som skal brukast. Tabellen er attgjedd under.

Total nominell tjukkeik "t" på delar som vert sett saman (inkludert mellomleggsplater og underlagsskiver). D = skruediameter	Tilleggsrotasjonsvinkel som vert påført under andre trinn av tiltrekking.	
	Grader	Dreievinkel
t < 2·d	60	1/6
2·d ≤ t < 6·d	90	1/4
6·d ≤ t ≤ 10·d	120	1/3

Dersom overflata under skruehovud eller mutter ikkje er vinkelrett på skrueaksen bør nødvendig rotasjonsvinkel bestemast ved prøving.

1.2.12 Kapittel 8.5.5: HRC-metode

Dette punktet er nytt i NS-EN 1090-2, og omhandlar tiltrekking av HRC-skruer. Mykje av dette kapittelet i standarden omhandlar korleis dette systemet er bygd opp og korleis det fungerer. Dette vert dekkja i kapittel 1.3.6.2 i denne oppgåva. I dette kapittelet vil det berre verte gjennomgått punkt som omhandlar sjølve trekkeprosessen.

HRC-metoden består normalt av to trinn der den spesielle avskjæringsnøkkelen skal brukast. Første trinn vert avslutta seinast når den ytre pipa på nøkkele sluttar å rotere. Det første trinnet skal gjentakast så ofte som angitt, og skal fullførast for alle skruer i forbindelsen før trinn to vert starta. Utstyrproducenten kan gi tilleggsinformasjon om korleis ein kan slå fast at ønska forspenning er oppnådd, eller om det fins andre egna metodar for tiltrekking. Det andre trinnet i tiltrekkinga er avslutta når enden av skrua vert skoren av ved bruddanvisaren.

Dersom det ikkje er mogleg å bruke avskjæringsnøkkelen på HRC-skruene, til dømes på grunn av plassmangel, skal ein nytte ein prosedyre som samsvarar med momentmetoden (kapittel 8.5.3) ved å nytte informasjon om k-klasse K2, eller metoden med direkte spenningsindikator (neste kapittel).

1.2.13 Kapittel 8.5.6: Metode med direkte spenningsindikator (DTI)

DTI står her for Direct Tension Indicator. Punktet gjeld for deformerbare underlagsskiver. Systemet med deformerbare underlagsskiver er forklart nærare i kapittel 1.3.6.1.

Tiltrekkinga skal også her gjerast i to trinn, der det første trinnet avsluttast når dei første deformasjonane i DTI-framspringa vert registrerte. Det første trinnet skal avsluttast for alle skruer i ein forbindelse før neste trinn vert starta.

Andre trinn består av tiltrekking til deformasjonane har nådd det ønska nivået, og kontrollerast med å føre eit tynt metallblad mellom skive og mutter for å kontrollere at avstanden ikkje er for stor.



Figur 4: Kontroll av klaring ved bruk av DTI

1.2.14 Kapittel 8.6: Passkruer

Ein del krav til utforming av skruer og hol er fjerna i den nye standarden. Der det er aktuelt gjeld krava i kapittel 8.1 og 8.5 som tillegg til dei følgjande krava i kapittel 8.6.

Lengda på den gjenga delen av skaftet på skrua som er ein del av arealet for holkantrykk bør ikkje vere større enn $1/3$ av platetjukkheiken dersom ikkje anna er angitt.

Som før må passkruene installerast utan tvang og slik at gjengene ikkje vert skada.

1.2.15 Kapittel 8.7.1: Naglar

Angående dimensjon på naglar er det lagt til to krav som seier at naglen må vere lang nok til å sikre at naglen fyller ut holet og for å hindre at naglehammaren slår ein fordjupning i grunnmaterialet rundt hovudet på naglen.

1.2.16 Kapittel 8.7.2: Installasjon av naglar

Det er lagt til eit krav om at største eksentrisitet mellom hol for éin nagle i ein forbindelse ikkje kan vere større enn 1 mm. Brotsjing er tillate for å oppfylle kravet, men det kan då verte nødvendig med ein nagle med større diameter.

Klinking skal byrje i midten av kvar naglegruppe.

Dersom det er mogleg skal naglinga gjerast med ei presse som sikrar konstant trykk. Denne metoden vert kalla stiking. Trykket skal oppretthaldast til hovudet har vorte svart.

Dersom ein nagle vert varma opp og ikkje brukt med ein gong, skal den ikkje varmast opp og brukast på nytt.

Dersom det er angitt ei plan overflate med naglar som er forsenka, skal naglemetall som stikk fram fjernast enten ved sliping eller meisling.

1.2.17 Kapittel 8.7.3: Akseptkriterie

Dette punktet er sterkt utvida og omskrive frå gamal standard, og det er dermed mest føremålstenleg å føre opp alle punkta, og legge til ein kommentar dersom den gamle standarden hadde liknande krav.

Naglehovudet sin eksentrisitet i forhold til aksa til skaftet skal ikkje vere meir enn $0,15 \cdot d_0$, der d_0 er holdiameteren.

Naglen skal vere velforma, og ikkje ha synlege sprekker eller groper. Dei to siste krava her er og gitt i den gamle standarden.

Naglen skal ha kontakt med dei samanmonterte delane både i holet og på den utvendige overflata. Elles står det, som i NS 3464, at ein ikkje skal kunne påvise rørsle eller vibrasjon dersom ein slår lett på naglen med ein hammar.

Ein kan akseptere eit naglehovud med ein liten velutforma og sentrert leppe dersom det berre gjeld for nokre få naglar i ei gruppe.

For forsenka naglar skal hovudet fylle forsenkinga fullt ut etter nagling.

Dersom nokre av akseptkriteria ikkje er haldne, skal dei aktuelle naglane bytast ut med nye.

1.2.18 Kapittel 8.8: Innfesting av tunnvegga komponentar

Heile dette kapitlet, som omfattar fire underkapittel, er nytt i den nye standarden. Det vil her dermed verte gjort greie for hovudtrekka i desse fire.

1.2.19 Kapittel 8.8.1: Generelt

Punktet gjeld for komponentar med ein tjukkeleik ≤ 4 mm. Dette kan til dømes vere tak- eller veggplater.

Utføringen av festemiddelet vil vere avhengig av metodane som er brukte på byggeplassen. For å fastsettje ei utføring som kan utførast på byggeplassen kan ein utføre testar der ein bør ta hensyn til følgjande punkt:

- a) Evna til å lage rette holstorleikar for sjølvborande skruer og naglar
- b) Evna til å justere elektriske skrutrekkarar til korrekt moment
- c) Evna til å drive ei sjølvborande skrue vinkelrett på overflata, og til å gi tetningsskiver korrekt samanstrykking.
- d) Evna til å velje og nytte skotspiker.
- e) Evna til å utføre forbindelsenet korrekt, og til å kjenne att ein forbindelse som ikkje er korrekt utført.

1.2.20 Kapittel 8.8.2: Bruk av sjølvgjengande og sjølvborande skruer

Skruelengde og gjengeform skal velgjast slik at det passar til bruksområde og tjukkeleik på komponenten som skal festast. Dersom det vert nytta tetningsskive bør ein ta hensyn til tjukkeleiken av denne når ein vel gjengelengde. Ein må sørge for at tetningsskiva har korrekt samanstrykning etter tiltrekking.

Festemiddelet skal plasserast i botnen på korrugeringa dersom ikkje anna er angitt. Dersom festemiddelet vert plassert på ein topp på takplater, må ein sjå til at ein ikkje får ei fordjupning i plata der skrua penetrerar.

Dersom kraftdreve verktøyg vert brukt skal dette ha justerbar djupne- og/eller momentinnstilling. Dersom elektriske skrutrekkjarar vert brukt skal skruhastigheita samsvare med festemiddelprodusenten sin anbefalning.

Ein skal unngå overtrekking av skruer utan utan tetningsskiver ved hjelp av passande kontrollutstyr, og momentinnstillinga skal settjast slik at korkje avskjæringsmomentet for skruhovudet eller avstrippingsmomentet for gjengene vert nådd.

1.2.21 Kapittel 8.8.3: Bruk av blindnaglar

Val av lengde på blindnaglar skal samsvare emd tjukkleiken på komponentane som skal festast, og installasjonen skal utførast slik produsenten anbefalar.

Borespon skal fjernast frå utvendige flater etter montering. Dette for å hindre korrosjon.

1.2.22 Kapittel 8.8.4: Innfesting av sideoverlappingar

Forbindelsen skal utførast slik at overlappende plater vert trekt tilstrekkeleg saman.

Dersom overlappinga er på den utvendige overflata på eit tak, bør det festast i henhold til produsenten si anbefaling. Minste diameter for festemiddelet bør settjast til 4,8 mm for sjølvborande og sjølvgjengande skruer, og 4,0 mm for blindnaglar.

Dersom platene skal fungere som ein skivekonstruksjon, skal krava til festemiddel verte angitt.

1.2.23 Kapittel 8.9: Bruk av spesielle festemiddel og festemetodar

Ny standard angir dømer på spesielle festemetodar som spesielt oppgjenga hol, gjengestag, liming eller samansteking ved hjelp av plater som er forbundne med lokale deformasjonar. Metodane skal kun brukast der dei er angitt.

Krav til bruk av sekskanta injeksjonsskruer skal verte angitt.

Punktet inneheld elles ein del krav til prosedyreprøving dersom spesielle festemiddel- og metodar skal nyttast. Desse samsvarar med krava i gamal standard.

1.2.24 Kapittel 8.10: Riving og griping av rustfrie stål

Riving og griping kan oppstå når to metall i kontakt vert utsett for trykk og relativ rørsle til dømes under tiltrekking av skruer. Det kan gi skader på overflater, og kan ersultere i kaldsveising.

For å unngå problem med griping kan følgjande metodar nyttast:

- a) Ein kan bruke ulike standardsortar av rustfrie stål som varierar i samansetning, deformasjonshastigheit og hardheit.
- b) I alvorlege tilfeller kan ein bruke ein eigen høg deformasjonsherdande legering av rustfritt stål for den eine komponenten, eller ein kan bruke eit hardt overflatebelegg.
- c) Anti-rivingsstoff som til dømes turr PTFE-filmspray.

Dersom ein nyttar ulike metall eller belegg må ein sikre at ein oppnår nødvendig korrosjonsmotstand.

Ein kan elles merke seg at smøring av skruer er nyttig, men kan føre til problem med forureining med smuss og støv, i tillegg til problem ved lagring.

1.3 NS-EN 14399 [2]

1.3.1 Generelt

Med den nye standarden NS-EN 1090 kom det og nye krav til kva slags skruer som kan brukast i forspente forbindelsar. Den gamle standarden, NS 3464 1. utgåve frå november 2000, hadde følgjande tabell for krav til kva skruer som kunne brukast:

Skruer		Mutrar		Underlagsskiver
Klasse	Standard	Standard	Klasse	Standard
8.8	¹⁾	¹⁾		¹⁾
10.9	DIN 6914 ²⁾	DIN 6915 ²⁾	10	DIN 6916 ²⁾ DIN 6917 ²⁾ DIN 6918 ²⁾

Der merknadane var:

- 1) Europeisk standard er under utarbeiding.
- 2) Vil verte erstatta av europeiske standardar.

Altså var ein allereie i 2000 i gang med å gjere klart til overgang til ny standard. Den nye standarden NS-EN 1090-2:2008 vart fastsett som Norsk Standard i oktober 2008. Fram til 1. april 2010 kunne ein velje om ein ville prosjektere etter Eurokoden eller den gamle Norsk Standard, men etter denne datoen var det berre Eurokoden som kunne brukast.

For forspente skrueforbindelsar betyr overgangen til ny standard at skruesystema må vere tilverka etter standardar 14399-1 til 14399-10. Den største forskjellen frå gamal standard er at ein no kan få skruesystema levert i tre system – HR, HV og HRC, og skruer som skal brukast i forspente forbindelsar **må** vere merka med ein av desse bokstavkombinasjonane, jamfør kapittel 1.3.3. HR- og HV-systema er dei “vanlege” sekskantskrueene med mutter og underlagsskiver. Dei to systema er forholdsvis like, og skilnadane mellom dei kjem frå før ein hadde utarbeida ein felles europeisk standard. Det var då vanleg å bruke skruer som enten var basert på den britiske nasjonale standarden eller den tyske nasjonale standarden, og når Eurokoden vart utarbeida valde ein å implementere begge desse systema. Dette ser ein spor av når ein ser på betydinga av forkortingane HR og HV. HRC-skruer er basert på ein heilt annan tiltrekkingsmetode som ikkje har behov for kontroll av moment.

HR står for High Resistance. Direkte oversett frå engelsk tyder dette høg motstand, og systemet er basert på den britiske modellen. HV står for Hoch Vorspannkraft - direkte oversett frå tysk, høg forspenningskraft - og er basert på den tyske modellen.

Oversikt over kva dei ulike standardane i serien dekkar:

NS-EN 14399 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål	
NS-EN 14399-1	Generelle krav
NS-EN 14399-2	Egnethetsprøving for forspenning
NS-EN 14399-3	System HR. Sekskantskrue- og mutterforbindelser
NS-EN 14399-4	System HV. Sekskantskrue- og mutterforbindelser
NS-EN 14399-5	Underlagsskiver for system HR
NS-EN 14399-6	Skråfasede underlagsskiver for system HR og HV
NS-EN 14399-7	System HR – Senkskruer og mutterforbindelser
NS-EN 14399-8	System HV – sekskantpasskrue- og mutterforbindelser
NS-EN 14399-9	System HR eller HV – Bolter og mutterforbindelser med direkte strekkindikatorer
NS-EN 14399-10	System HRC – Bolte- og mutterforbindelser med kalibrert forlast

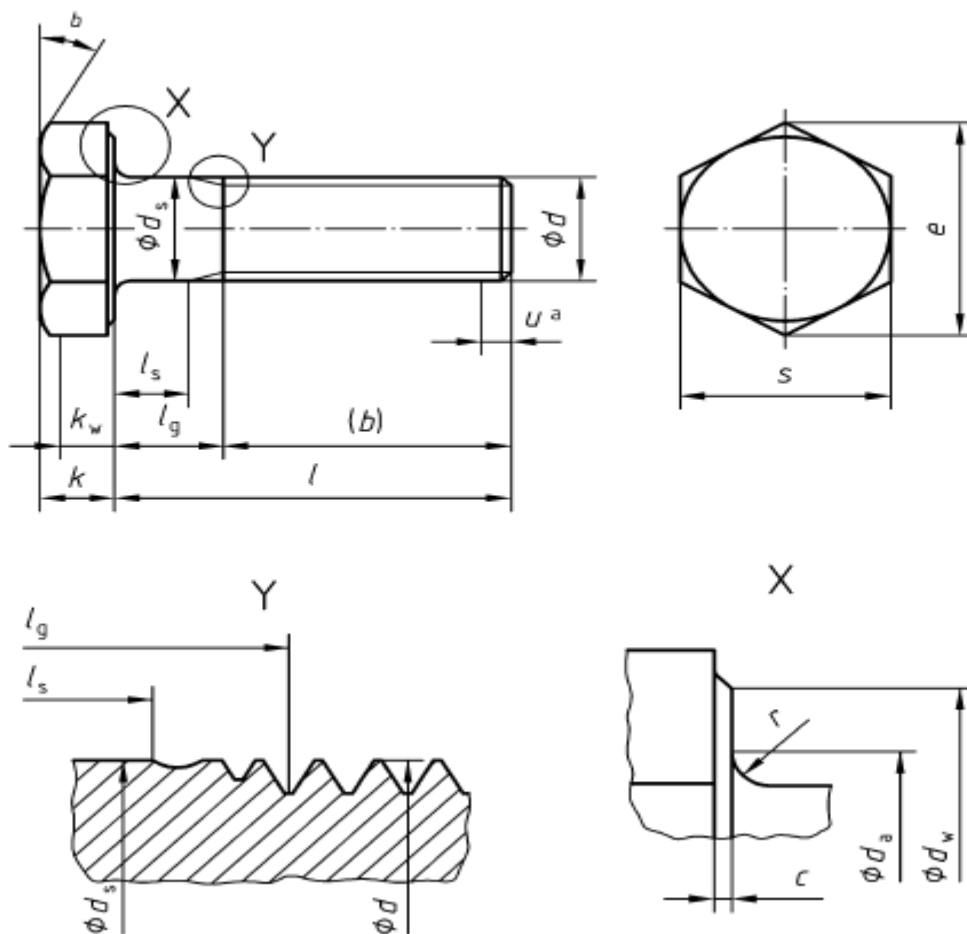
Det vert gjort klart i NS-EN 14399-1 at både HR- og HV-systemet er godt utprøvde, og det er opp til den ansvarlege for skrueforbindelsen kva slags system ein vil nytte. For å sikre at systemet oppfører seg slik det skal er det likevel viktig at ein ikkje blandar komponentar frå dei ulike systema.

Det vil i dei følgjande kapitla verte gjort ein gjennomgang på fysiske forskjellar på HR og HV-systema, og dessutan diskutert nye system og omgrep som er nødvendige å kjenne til ved bruk av den nye standarden.

1.3.2 Fysiske forskjellar på HR-system og HV-system.

1.3.2.1 Skruar

NS-EN 14399-3 og NS-EN 14399-4 har tabellar der det er oppgitt kva dimensjonar skruane som høyrer til systema skal ha. Dimensjonane er oppgitt for skruediametrar frå M12 til M36, samt nominelle lengder frå 35 mm til 200 mm. Det er her valt å gjennomføre samanlikninga med å sjå på dei oppgitte dimensjonane for ei M20-skru med nominell lengde på 80 mm.



Figur 5: Forklaring til mål på skruer

Skrue M20, nominell lengde 80mm. Alle mål i millimeter

Mål		System HR	System HV	Kommentar
Pitch – P		2,5	2,5	Lik for HR og HV
b		46	33	I HR-systemet har denne lengda forskjellige verdier alt etter den nominelle lengda på skruen. For 80mm lange skruar er den som oppgitt her.
c	max	0,8	0,8	Lik for HR og HV
	min	0,4	0,4	
d_a	max	24,4	24	
d_s	nominell	-	20	Ikkje oppgitt for HR-skruer, men er det same som den nominelle diameteren på skrua, og er dermed lik for begge system
	max	20,84	20,84	Lik for HR og HV
	min	19,16	19,16	Lik for HR og HV
d_w	max	Opptredande storleik på s	Opptredande storleik på s	Lik for HR og HV
	min	29,5	29,5	
e	min	35,03	35,03	Lik for HR og HV
k	nominell	12,5	13	
	max	13,40	13,9	
	min	11,60	12,1	
k_w	min	8,1	8,47	
r	min	1,5	1,5	Lik for HR og HV
s	max	32	32	Lik for HR og HV
	min	31	31	
l	nom	80	80	Lik for HR og HV
	min	78,5	78,5	
	max	81,5	81,5	
l_s	min	21,5	39,5	
l_g	max	34	47	

For å få ein meir oversiktleg framstilling er det her samla dei måla som ikkje er like, samt kor store forskjellar det er mellom dei.

Mål		System HR	System HV	Avvik HR minus HV	Prosentvis forskjell HR av HV
b		46	33	13	139,4 %
d_a	max	24,4	24	0,4	101,7 %
k	nominell	12,5	13	-0,5	96,2 %
	max	13,4	13,9	-0,5	96,4 %
	min	11,6	12,1	-0,5	95,9 %
k_w	min	8,1	8,47	-0,37	95,6 %
l_s	min	21,5	39,5	-18	54,4 %
l_g	max	34	47	-13	72,3 %

Ein ser ut frå denne samanlikninga at skruane har nokså like krav for begge systema. Det er små forskjellar når det kjem til høgda på skruhovudet og breidda der skaftet er festa til hovudet. Den store forskjellen ligg i gjengelengda, altså kor mykje av skrueskaftet som er gjenga opp. Det er HR-skruane som har størst gjengelengde. Sjølve utforminga av gjengane er uavhengig av systemet, og er dekkja i standard ISO 68-1.

1.3.2.2 Mutrar

Som for skruer vil det her verte gjennomgått forskjellar i dimensjonane på mutrane for HR-system, og HV-system. Også her er det valt ein M20-mutter for samanlikning. Alle mål er i millimeter.

Mål		System HR	System HV	Kommentar
Pitch – P		2,5	2,5	Likt for HR og HV
d_a	max	21,6	21,6	Lik for HR og HV
	min	20	20	
d_w	max	Opptredande verdi på s	Opptredande verdi på s	Lik for HR og HV
	min	29,5	29,5	
e	min	35,03	35,03	Lik for HR og HV
m	nom = max	18	16	
	min	16,9	14,9	
m_w	min	13,5	11,92	
c	max	0,8		Ikkje angitt for HV
	min	0,4		
s	max	32	32	Lik for HR og HV
	min	31	31	
t		0,58		Ikkje angitt for HV

Mål som ikkje er like mellom dei to systema

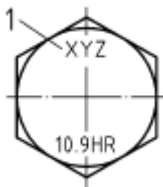
Mål		System HR	System HV	Avvik HR minus HV	Prosentvis forskjell HR av HV
m	nom = max	18	16	2	112,5 %
	min	16,9	14,9	2	113,4 %
m _w	min	13,5	11,92	1,58	113,3 %

Som med skruane er dei fleste måla like. Dei einaste forskjellane er at høgda på mutteren er litt større for HR-systemet. Dette kjem direkte frå den tidlegare nemnde forskjellen mellom den tyske metoden og den engelske metoden for utføring, der mutterhøgda på frå det engelske systemet er 80 % av den nominelle diameteren på skruen. Dette gjeld no for mutrane i HR-systemet.

1.3.3 Krav til merking

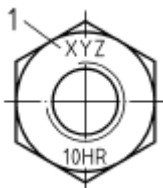
For å hindre at komponentar frå dei ulike systema vert blanda er det i standarden angitt krav til merking av alle delar. For skruer, mutrar og underlagsskiver gjeld følgjande krav:

Skruer: Skruane skal merkast på toppflata på hovudet med fastleiksklasse (8.8 eller 10.9 for forspente skruar), system (HR eller HV) og ein identifikasjon av skruerprodusenten (1).



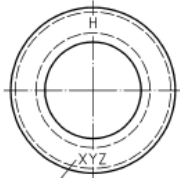
Figur 6: Merking av skruer

Mutrar: Mutrane skal merkast med fastleiksklasse (8 eller 10), system og identifikasjon av produsent (1).



Figur 7: Merking av mutter

Underlagsskiver: Både flate og avfasa underlagsskiver etter NS-EN 14399-5 og NS-EN 14399-6 skal merkast med bokstaven H og identifikasjon av produsenten. På avfasa underlagsskiver skal merkinga vere på den sida som ikkje er avfasa.



Figur 8: Merking av underlagsskiver

1.3.4 K-klassar og k-faktor

I gamal standard NS 3464 måtte skruesystem testast for å fastsetje kva moment som måtte nyttast for å oppnå ønska forspenning med dei forskjellige tiltrekkingsmetodane. I den nye standarden NS-EN 1090-2 og serien av standardar NS-EN 14399-1 til NS-EN 14399-10 er det innført ein faktor som er kalla for k-faktoren. Punkt 8.5.2 i NS-EN 1090-2 gir denne formelen for utrekning av

nødvendig tiltrekkingsmoment: $M = k \cdot d \cdot F_{p.C}$. Ved å omskrive finn vi at $k = \frac{M}{d \cdot F_{p.C}}$ og at

k-faktoren dermed er ein dimensjonslaus faktor som blant anna tek omsyn til friksjonen mellom skrue og mutter.

I tillegg til denne faktoren er det, som nemnt i samanlikninga av standardane, innført k-klassar for skruesetta, der dei kan leverast i tre ulike klassar: K0, K1 og K2. Desse klassane set ulike krav til opplysning om k-faktoren skruesetta er leverte med.

Klasse K0 har ingen krav til k-faktoren, og for skruesett i denne klassen må k-faktoren fastsetjast ved testing etter tillegg H. Dersom HRC-tiltrekkingsmetoden eller metode med direkte spenningsindikator vert nytta er det likevel ikkje behov for dette.

Skruer levert som klasse K1 skal vere testa og skal leverast med området dei individuelle testverdiane k_i ligg i. Standarden opnar for å bruke $k = 0,13$ som ei forenkling dersom ikkje noko anna er angitt.

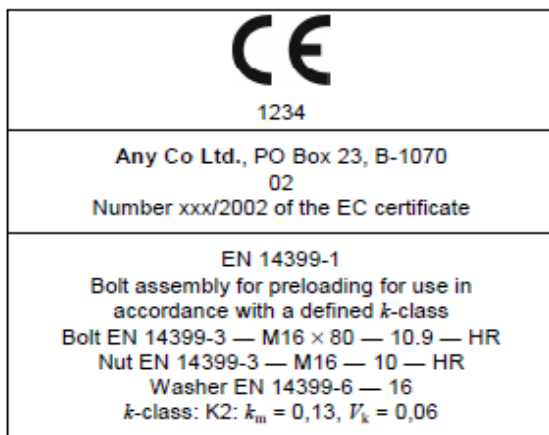
Skruer i klasse K2 skal vere testa, og skal leverast med middelveidien av dei målte verdiane for k-faktoren (k_m) og variasjonskoeffisienten (V_k)

Ønska k-klasse på skruane vert oppgitt ved bestilling, så ein kan no berekne nødvendig moment for tiltrekking utan å utføre testing på forhånd. Det er likevel krav om at tiltrekkinga må utførast ved rotasjon av mutter, og ikkje skruehovud, samt at skruesettet må nyttast som levert. Alle avvik frå desse krava medfører at testing må utførast.

1.3.5 CE-merking [3], [4]

CE-merking er eit system i EU og EØS som skal sikre at eit produkt oppfyller grunnleggande krav til eigenskapar, og kontroll. Alle CE-merka produkt kan seljast fritt innanfor EU og EØS. I 2011 vart det gitt ut ein ny lov i EU der den viktigaste endringa for Noreg vart at alle byggjeverarar som er omfatta av ein harmonisert europeisk standard skal vere CE-merka frå 1. juli 2013. Dette vil gjelde for lastbærande komponentar i stål og aluminium som er produserte etter NS-EN 1090-1, og omfattar dermed blant anna skruer. Denne datoen er seinare utsett eitt år for enkelte komponentar, men er fortsatt sett til 1. juli 2013 for skruer etter NS-EN 14399.

CE-merking av skruesett skal, i samsvar med NS-EN 14399-1, blant anna innehalde informasjon om k-klassen til skruesettet. Under er vist merking for skruer i klasse K2 med tilhøyrande middelveidi og variasjonskoeffisient for k-faktor.



Figur 9: Døme på CE-merking i henhold til standard

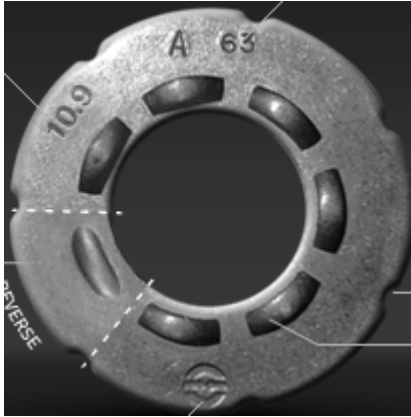
1.3.6 Tiltrekkingsmetodar utan behov for kontroll av moment

Standarden har ført opp to metodar for tiltrekking av skruer av klasse k0 utan at testing av skruesetta må gjerast. Felles for metodane er at dei ikkje er avhengige av å registrere momentet skruesettet vert trekt til med, men måler forspenninga på eiga hand på ein meir direkte måte.

1.3.6.1 DTI

DTI står for direct tension indicator – på norsk direkte spenningsindikator – og er ein metode der spesielle skiver vert brukte for å indikere når ønska spenning i skruesettet er nådd. Det fins ulike typar av slike indikatorar. Den tradisjonelle består av ei skive med framspring (indikatorar) på den

eine sida. Ved tiltrekking vil desse framspringa verte pressa saman. Skrua har nådd ønska forspenning når eit søkjarblad ikkje lenger kan skyvast inn mellom indikatorene. Det er og eit krav om at ikkje meir enn 10 % av indikatorene i ei skruegruppe skal vere heilt samanpressa.



Figur 10: Tradisjonell DTI med framspring

Ein annan type indikatorar fungerer slik at dei sender ut ein stråle med farga silikon når ønska trykk er nådd. Dermed er det lett å foreta ein visuell kontroll av tiltrekkinga.



Figur 11: Ferdig tiltrekt DTI med silikonindikator

1.3.6.2 HRC

HRC står for High Resistance Calibrated, og er óg kjend som TCB – Tension Control Bolts. Dei vert trekt til med ein spesiell avskjæringsnøkkel som består av to koaksiale (har same akse) piper der den eine ligg inni den andre. Den ytste pipa roterer med klokka og tek tak i mutteren, medan den indre pipa roterer mot klokka og tek tak i den ytste delen av skrua.

Avskjæringsnøkkelen vil rotere den ytste pipa (og dermed mutteren) medan den inste pipa held skrua fast. Når ønska forspenning er nådd vil den ytste delen av skrua skjærast over i eit spor. HRC-systemet styrer sjølv at forspenninga vert nådd, og utstyret treng ingen kalibrering.



Figur 12: Prinsipp ved tiltrekking av HRC-bolt

2 Skruetesting

2.1 Mål med testing

Testinga av skruer vart utført på Bergen Group Rosenberg sitt område i Stavanger. Det overordna målet var å fastsetje at dei brukte metodane for skruetiltrekking ved Rosenberg gir ønska resultat og vert utført i samsvar med standard. Bergen Group Rosenberg har ulike metodar for tiltrekking som dei hadde lyst til å undersøkje. Hovudsakeleg kunne det delast inn i tre ulike faktorar som kunne forandrast, og der innbyrdes kombinasjonar skulle testast. Desse faktorane var

- Dimensjon på skruer. Her vart det testa skruer av dimensjon M12, M16, M20, M24 og M30. Lengda på testskruane vart valt til den kortast moglege med det brukte testoppsettet og med alle nødvendige krav til lengde i standarden tilfredsstilt.
- Smøremiddel. Rosenberg nyttar ofte smøremiddel av merke Molykote G-rapid plus i sine skrueforbindelsar for å lette tiltrekking.
- Trekkeutstyr. Avhengig av dimensjon vert skruane enten trekt til med manuelle momentnøklar som vert stilte inn på ønska moment, eller med hydraulisk trekkeutstyr.

Det var og interesse for å undersøkje om parameter som lengde på skrue, talet på underlagsskiver og klemlengde kunne ha innverknad på tiltrekkingsmomentet. Desse tilstandane skulle testast dersom det vart tid til det.

Det vart utarbeida prosedyre for utføring av test med bakgrunn i NS-EN 14399-2 og tillegg H i NS-EN 1090-2. Denne prosedyren er vedlagt som vedlegg A.

2.2 HR- og HV-skruer

Det har vorte erfart at det er lite kunnskap rundt overgangen til skruer av forskjellige system, og ved Rosenberg var det ikkje kjennskap til dette. Det var difor ynskjeleg å teste skruer av begge system for å undersøkje om det var forskjellar i kapasitet og oppførsel når skrueforbindelen gjekk til brot.

Når skruar og mutrar skulle bestillast viste det seg at det heller ikkje var mykje kunnskap rundt temaet blant skruelieferandørar. Vi fann etter kvart leverandørar som kunne skaffe skruane, men dei hadde lang leveringstid, og på grunn av manglande avtalar mellom leverandør og Bergen Group Rosenberg vart prisen for skruesetta fire gonger så stor. Det vart dermed avgjort at testane skulle utførast med dei skruane Rosenberg vanlegvis brukte. Dette gjorde at testane kunne utførast mest mogleg lik måten skruetiltrekking vert gjort ved verftet.

Med den omfattande informasjonen som skulle samlast inn ved testane ville det ved seinare høve vere lett å utføre eit mindre tal testar for å finne ut eventuelle forskjellar mellom gamle skruar, og skruar frå HR- og HV-systema.

2.3 Presentasjon av testutstyr og oppsett

2.3.1 Bestilling

Utstyret som skulle bestillast måtte oppfylle to kriterier for å få utført testane som planlagt. Både moment og kraft i skruen måtte kunne loggast kontinuerleg under tiltrekking, og utstyret måtte tole dei maksimalt opptreande lastene. Desse ville opptre ved tiltrekking av M30-skruene og fekk følgjande verdiar:

Kraft: 314kN
Moment: $0.18 \cdot 30\text{mm} \cdot 314\text{kN} = 1.696\text{kNm}$

Bergen Group Rosenberg hadde allereie før oppstart av denne oppgåva lagt inn bestilling på utstyr. Det vart bestilt kraftceller for måling av krefter i skruar frå Tecsis i Tyskland, og momentmålarar frå AEP i Italia.

2.3.2 Kraftcelle

Det vart kjøpt inn to versjonar av kraftcella, berekna på forskjellige skruediametrar. Den eine har kapasitet på 160kN og kan brukast for skruer opp til M20. Den andre har kapasitet på 500kN og passar for skruer opp til M30. Kraftcellene har ein feilmargin ved måling av forspenning på 3 % av kapasitet. Det tilsvarar dermed 4,8kN på den minste, og 15 kN på den største.



Figur 13: Kraftceller

2.3.3 Momentmålarar

Når det gjaldt momentmålarar vart det kjøpt inn to forskjellige. Den minste har hurtigkopling, og kan setjast direkte på dei fleste vanlege momentnøklar. Den har ein kapasitet på 250Nm, og kan dermed berre brukst på skruer av dimensjon M12 og M16.



Figur 14: Liten momentmålar

For å kunne måle momentet ved tiltrekking av M30-skruene, måtte det bestillast ein annan type momentmålar. Til denne måtte det tilverkast stålskiver med påsveiste piper av forskjellig storleik. Desse stålskivene vart så skrudde på momentmålaren med skruer av kvalitet 12.9, som angitt i produktdatabladet. Denne har ein kapasitet på 2kNm, og er dermed godt innanfor nødvendig moment ved tiltrekking av M30-skruene. I og med at det nødvendige tiltrekkingsmomentet berekna ovanfor er basert på ein gamal k-faktor, var det nødvendig med god kapasitet på momentmålaren slik at ein hadde nok kapasitet dersom målt k-faktor ikkje stemde overeins med den gamle.



Figur 15: Stor momentmålar

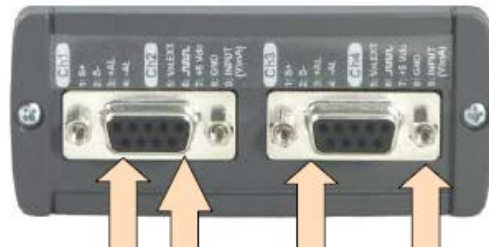
Feilmargin på dei to momentmålarane er begge godt under 1 % av kapasitet.

2.3.4 Transmitter

For å få gjort dei elektriske signala frå lastcellene om til resultat som kan tolkast trengst det ein transmitter, eller gjennom-sender som er koplta til lastcellene. Denne tek i mot signal frå cellene og sender dette vidare til ein PC der eit program viser og registrerar dei oppnådde resultat. Transmitteren som skulle brukast her måtte kunne ta mot signal frå to lastceller samtidig. Det vart kjøpt inn ein transmitter frå AEP som vart levert med eit program til PC for logging av resultat. Grunna feilinformasjon frå leverandør vart det fyrst bestilt ein transmitter som berre kunne logge informasjon frå ei lastcelle om gongen. Denne måtte sendast i retur, og ny transmitter vart bestilt. Dette førde til ei forsinking på oppgåva på seks veker. Bilda under er av den korrekte transmitteren.



Figur 16: Transmitter framside

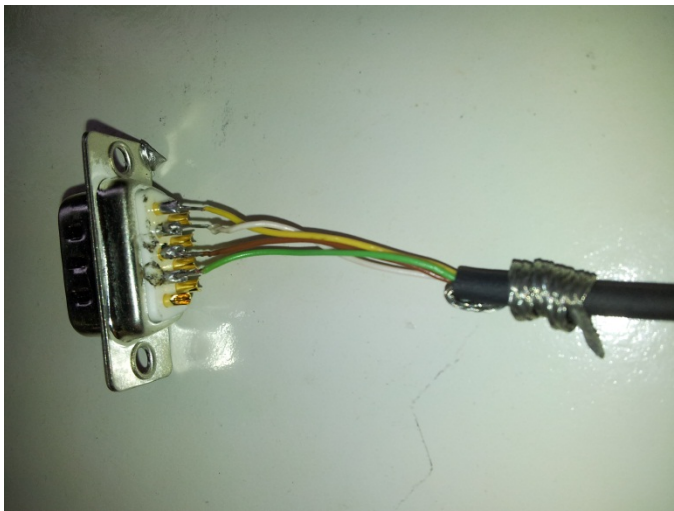


Figur 17: Transmitter bakside

2.3.5 Oppkopling av utstyr

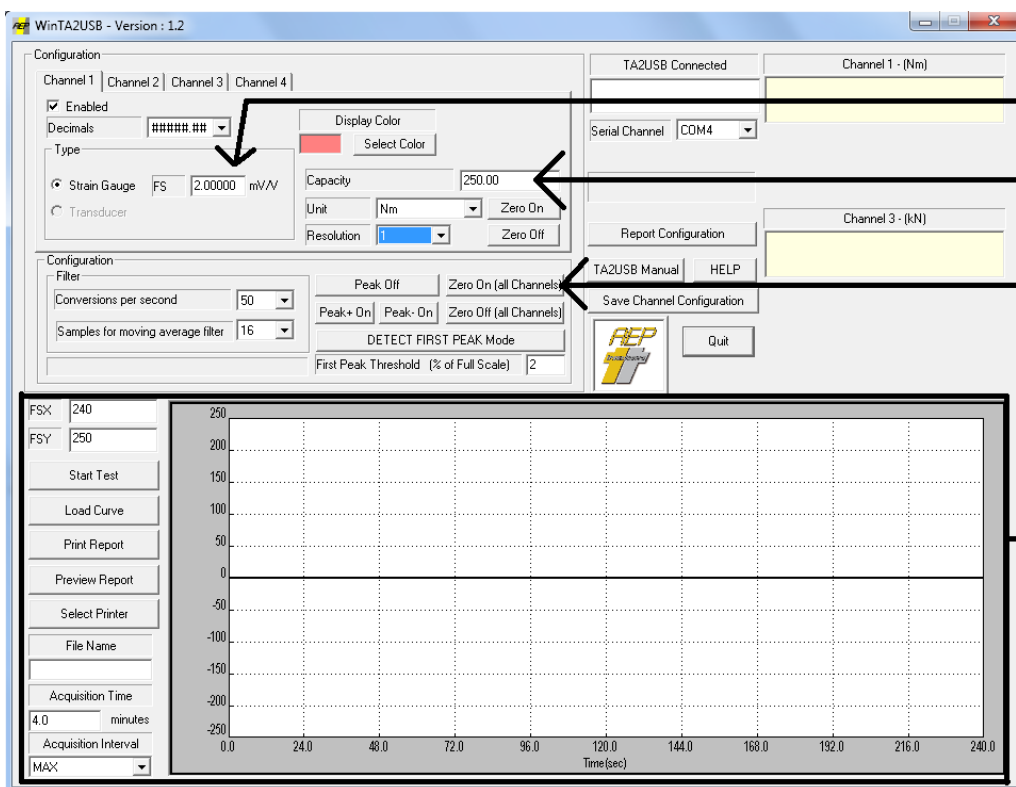
Kopling og oppsett av testutstyr viste seg å by på ein del problem i starten. Spesielt gjaldt dette kraftcellene frå Tecsisa, då desse kom frå ein annan leverandør enn transmitteren gjorde. Momentmålarane vart leverte med eit koplingskjema med fargekodar som stemde overens med transmitteren sitt koplingskjema, men kraftcellene sitt koplingskjema hadde fargekodar som ikkje var like. Det vart konferert med elektrikarar ved Bergen Group Rosenberg, og med den norske leverandøren av utstyret utan å få eit klart svar. Etter grundig kontroll av koplingskjema og produktdatablad vart cellene lodda saman slik det vart antatt at det skulle vere. Det vart etter nokre veker bekrefta frå direkte frå Tecsisa at cellene var koplta på rett måte.

Ledningane frå lastcellene vart lodda på kvar sin D-SUB 9 pin-kontakt for å enkelt kunne skifte mellom dei ulike cellene ved behov. Under er vist koplinga for ei av kraftcellene.



Figur 18: Lodding av ledningar

Programmet som logga dei målte verdiane var veldig enkelt å setje opp og bruke. Det einaste som måtte passast på var at ein del parameter måtte endrast alt etter kva lastceller som var i bruk. Under er eit bilde av programmet med forklaringar for dei viktigaste og mest brukte innstillingane. Innstillinga for kapasitet og ut-spenning var dei viktigaste, og feil input her førde til at programmet viste heilt feil verdier. Når ei måling vart gjort vart dei logga verdiane eksporterte ut til ei tekstfil, og frå der inn i Microsoft Excel der dei kunne arbeidast vidare med.



Ut-spenninga til dei forskjellige lastcellene måtte fyllast inn her.

Fyllast inn med kapasiteten til cellene

Her vart verdiane frå cellene nullstilt før ein ny måling vart starta

Graf-område. Ein graf vart logga her under testing der ein visuelt kunne følge med på målingar som vart gjort.

Figur 19: Skjerm bilde frå program for logging av data

2.4 Plan for gjennomføring av test

For å oppnå ønska resultat måtte testane utførast i to omgangar. Første test hadde som mål å fastsetje k-faktoren til dei ulike skruesetta. Det vart her lagt opp til testing av fem skruar av kvar dimensjon både med og utan smøremiddel. Altså totalt 50 testar. Ut frå desse testresultata skulle

k-faktor fastsetjast etter følgjande, tidlegare nemnde, formel: $k_i = \frac{M_i}{d \cdot F_p}$, der:

d = nominell diameter på skrue

F_p = Ønska forspenning i skrua

M_i = Tiltrekkingsmoment når forspenninga vart oppnådd.

Frå dei fem individuelle k-faktorane frå kvar dimensjon kunne det deretter bereknast standardavvik og middelværdi på dei individuelle testresultata og til sist variasjonskoeffisienten. (Dette er den same informasjonen som skruer av klasse K2 vert leverte med). Resultata skulle tolkast for å undersøkje om det var betydelege forskjellar på k-faktorane for forskjellige skruedimensjonar, og kva påverknad bruk av smøremiddel hadde for k-faktoren.

Den andre testen skulle undersøkje om trekkemetodane brukt ved Rosenberg gav ønska forspenning i skruane. Det er hovudsakeleg to metodar som er brukt ved Rosenberg. Ein har hydraulisk trekkeutstyr som kan trekke mutrar ned til dimensjon M20, og dette vert brukt så langt det er mogleg. For dei mindre dimensjonane nyttar ein manuelle momentnøgler.

For denne andre testen har NS-EN 1090-2, tillegg H oppgitt visse akseptkriterie for testen, alt etter kva trekkemethode ein kalibrerer for. Rosenberg trekker normalt skruer med bruk av kombinert metode, og for denne metoden er følgjande tabell oppgitt.

Tal på prøvingar	3	4	5	6
$e_M = (M_{\max} - M_{\min}) / M_m$	0,25	0,30	0,35	0,40

Krav til testutstyr er sett til:

	Kalibrert nøyaktigheit	Repeterbarhetsfeil
Utstyr for måling av strekk i skrue	± 6 %	± 4 %
Momentnøkkel	± 4 %	± 1 %

Denne testen vart lagt opp stort sett som den fyrste, med fem testar for kvar dimensjon med og utan smøremiddel. Frå tabellen gir dette dermed ein tilleten e_M på 0,35. For å gi eitt innblikk i kva spenn som tolererast ved gitte verdiar kan ein bruke k-faktoren som er oppgitt i den eksisterande trekkeprosedyren ved verftet. Her er k oppført som 0,18 for skruer i tilstand "som levert". Dette vil vidare gi, for ei M20 skrue i 8.8-kvalitet:

Friksjonsfaktor:	$k := 0.18$
Diameter:	$d := 20\text{mm}$
Forspenningskraft:	$F_p := 137\text{kN}$
Nødvendig tiltrekkingsmoment:	$M := k \cdot d \cdot F_p = 493.2\text{Nm}$

Ved å bruke dette som teoretisk gjennomsnittleg moment, M_m får vi at:

$$\frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_m} = 0.35 \quad \Rightarrow \quad \frac{M_{\max} - M_{\min}}{493.2\text{Nm}} = 0.35$$

Vi set $M_{\max} - M_{\min} = \Delta M$ og får $\Delta M := 0.35 \cdot 493.2\text{Nm} = 172.62\text{Nm}$

Øvre grenseverdi: $M_{\max} := M + \frac{\Delta M}{2} = 579.51\text{Nm}$

Nedre grenseverdi: $M_{\min} := M - \frac{\Delta M}{2} = 406.89\text{Nm}$

For ein M20 bolt i 8.8-kvalitet med fem testresultat må resultatene for moment altså ligge mellom 579,5 Nm og 406,9 Nm for at målingane skal verte godkjende. Måleverdiar som overstig desse grenseverdiar skal forkastast og ein ny test skal gjennomførast.

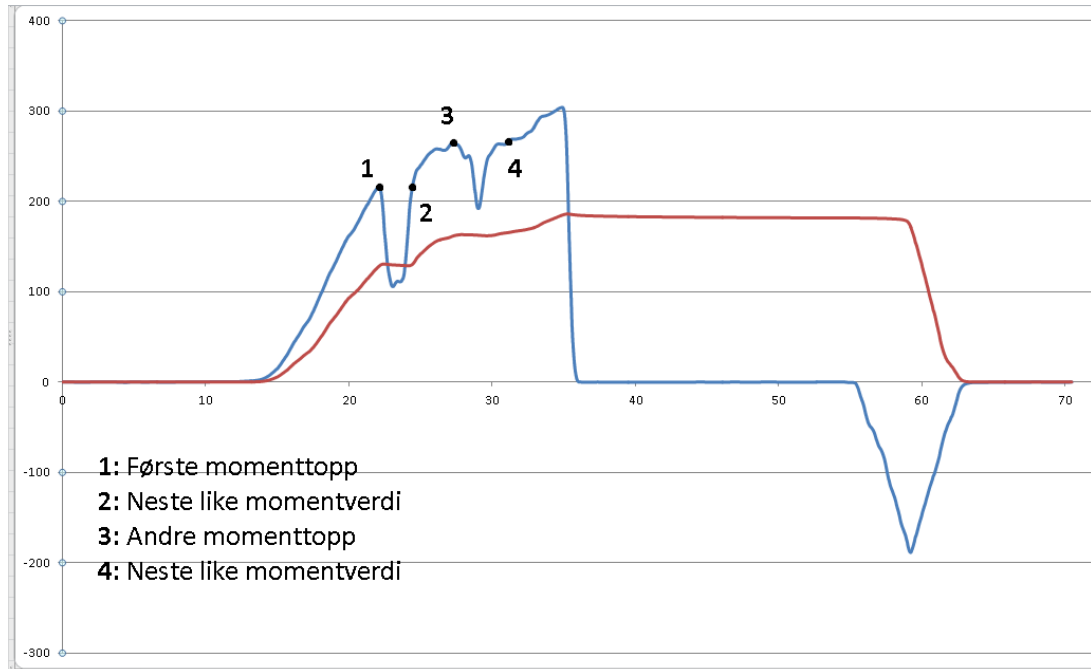
Denne k-faktoren på 0,18 vil vidare verte nytta for alle berekningar som treng ein kjend k-faktor før ein ny er bestemd.

2.5 Bearbeiding av testresultat

For ein typisk tiltrekking vart det registrert alt frå 3000 til 8000 unike resultat, alt etter kor lenge målinga stod på. Vanlegvis var programmet innstilt på å logge 50 resultat per sekund.

Det måtte gjerast forskjellige tiltak med rådataene som vart registrerte frå lastcellene alt etter kva dei skulle nyttast til. På grunn av plassproblem der målinga var gjort, var det ikkje mogleg å foreta ein rotasjon på over omtrent 250°. Ved test av skruesett der det var behov for større rotasjon enn dette for å oppnå ønska forspenning i skrue måtte då tiltrekkinga avbrytast for å ta nytt tak med momentnøkkelen. Dette førde då til at det ein periode midt i tiltrekkinga vart registrert eit moment

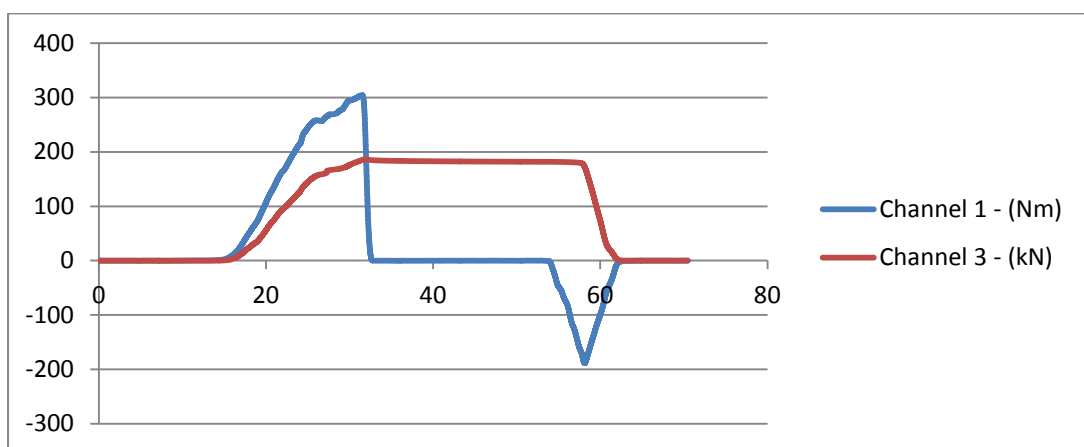
på null. Det same vart gjeldande ved tiltrekking av dei største skruesetta, då det var behov så stor kraft at tiltrekking berre kunne gjerast med ein liten rotasjon om gangen for å få skikkeleg mothald. Ein typisk graf før bearbeiding kunne då sjå slik ut:



Figur 20: Graf før bearbeiding

Her er ikkje momentnøkkelen slept heilt opp ved skifte av grep, så momentet har ikkje sunke heilt til null. Som forventa ser ein at forspenninga i skruen er flat når momentet ikkje aukar. Det negative momentet på slutten av grafen indikerar at skruesettet vart skrudd opp.

For å gjere grafen reinare, og lettare å lese vart lokale momenttoppar lokalisert, og alle data frå denne toppen og fram til neste like verdi vart sletta. For grafen over var det to fall i moment som måtte fjernast, og resultat etter bearbeiding vart i dette tilfellet slik:



Figur 21: Graf etter bearbeiding

Det måtte óg gjerast ein del arbeid med rådata for å kunne samanlikne resultat frå forskjellige enkelttestar. Her var problemet at for å kunne samanlikne direkte, måtte tiltrekkinga utførast på nøyaktig same måte når det gjaldt tid og kraft i tiltrekking. Med 50 målingar per sekund betyr det ein måling kvart andre hundredel, så dette var ikkje mogleg å få til. Dette vart løyst med å gå gjennom dataane, og registrere den målte forspenninga for nokre valgte moment. Til dømes vart det for ei M12-skrue valt å ta forspenningsverdien for kvar heile momentverdi oppover, medan det for M16 vart reigstrert for kvar femte heile verdi. Når dette vart gjort kunne ein deretter samle alle enkelttestresultat for ein skruedimensjon og berekne k-faktor for skruesettet.

2.6 Tolking av resultat

For å lettare forstå grafane som vert presenterte vert det teke i bruk ulike verktyg når resultatata vert presentert. Dei viktigaste er gjennomsnitt av individuelle resultat, i tillegg til det tilhøyrande standardavviket. Samla vil dette gi ein enkel linje i ein graf som lett kan samanliknast med eit teoretisk fasitsvar i tillegg til å gi informasjon om spredningen til resultatet. Altså kor godt bilde gjennomsnittsverdien faktisk gir på dei oppnådde individuelle resultatata.

Etter kvart som testinga vart gjort viste det seg og at resultatata ofte låg veldig langt frå den antatte fasiten. Det vart dermed interresant å sei noko om kor store avvik ein eigentleg kunne rekne med å få i målingane. For å finne ut dette vart det gjort litt om på akseptkriteriet for kalibrering av kombinert trekkemetode som er presentert i kapittel 2.4, slik at ein fekk eit forventa intervall som forspenninga skulle ligge mellom ved eit kjent moment. Situasjonen var slik at den målte verdien for forspenningskraft ofte vart nådd lenge før det teoretiske tilhøyrande momentet vart nådd, så samanlikning av resultat måtte gjerast ved lågare momentverdiar.

Berekningsmetoden for å finne dette intervallet for forspenning er vist her for ei M20-skrue. I presentasjon av resultat vil berre nedre og øvre grense i intervallet, F_{\min} og F_{\max} verte gitt i tillegg til den teoretiske forspenninga, F_t , ved momentet som vert undersøkt. Dette vil då samanliknast med målte minimums- og maksimumsverdiar og gjennomsnittet ved valgt moment.

Friksjonsfaktor:	$k := 0.18$
Diameter:	$d := 20\text{mm}$
Forspeningskraft (Frå tabell 19 i NS-EN 1090-2, kapittel 8.5.1):	$F_p := 137\text{kN}$
Teoretisk tiltrekkingsmoment:	$M := k \cdot d \cdot F_p = \text{N} \cdot \text{m}$
Moment ved samanlikning av forspeningskraft:	$M_1 := M$
Momentintervall ved undersøkt moment:	$\Delta M := M_1 \cdot 0.35 = \text{N} \cdot \text{m}$

$$F_{\min} := \frac{M_1 - \frac{\Delta M}{2}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

$$F_{\max} := \frac{M_1 + \frac{\Delta M}{2}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

$$F_t := \frac{M_1}{k \cdot d} = \text{kN}$$

2.7 Samandrag av testing.

Testane vart starta opp og gjennomført som planlagt i starten. Ved å studere dei oppnådde målingane viste det seg likevel fort at dei hadde for store avvik frå teorien til at det kunne vere korrekt. Det vart dermed lagt mykje arbeid ned i å undersøkje kva som kunne vere årsaken til feila, og å utarbeide testar for å undersøkje dette vidare. Det vil i dei følgjande kapitla verte gjort greie for dei første resultatane av testing og kva som var feil, og deretter kva som vart gjort vidare med tanke på hypoteser om kva som var årsaken til feila og testing av desse hypotesene.

3 Resultat

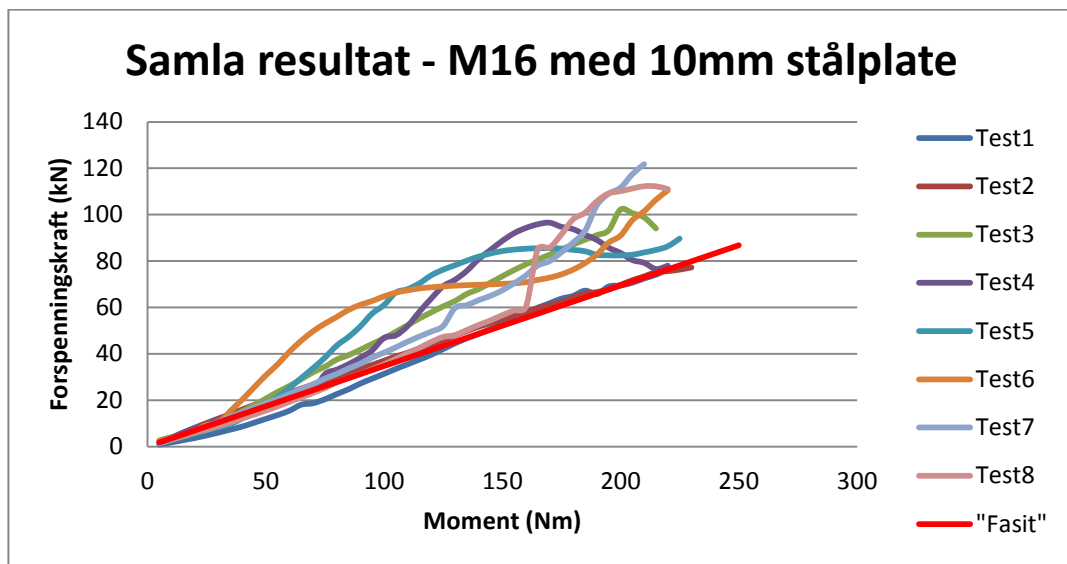
3.1 Resultat frå fyrste testdag

På fyrste dag av testing vart det trekt skruer av dimensjon M16 og M20 utan smøremiddel.

Som følgje av at dette var den fyrste tiltrekkinga, vart M16-skrua trekt litt fleire gonger enn planlagt i prosedyren. Det vart utført åtte testar med bruk av ei 10mm tjukk stålplate mellom trykksensor og skruhovud, og fem testar med ei vanleg underlagsskive. Ved bruk av friksjonsfaktor på 0,18 skulle ønska forspenning på 88 kN vere nådd ved eit moment på 253 Nm.

M20-skrua vart trekt fem gonger som planlagt. Her skulle forspenningskrafta når tiltrekkinga var gjort vere 137 kN, og det tilhøyrande momentet er 493,2 Nm.

3.1.1 M16 – 10 mm stålplate



Det er veldig stor variasjon mellom enkeltresultata, og mange av kurvene er ujamne. Med fast friksjonsfaktor skal det vere eit lineært forhold mellom moment og forspenning i skrua. Resultata er i tillegg jamt over for store samanlikna med den teoretiske verdien med k-faktor lik 0,18 markert med raudt i grafen.

Grunna at momentet på 250 Nm ikkje vart nådd ved alle målingar, vert momentet ved 200 Nm undersøkt. Ved 200 Nm skal forspenninga teoretisk vere 69 kN, og ligge mellom:

$$F_{\min} := \frac{M_{\min}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

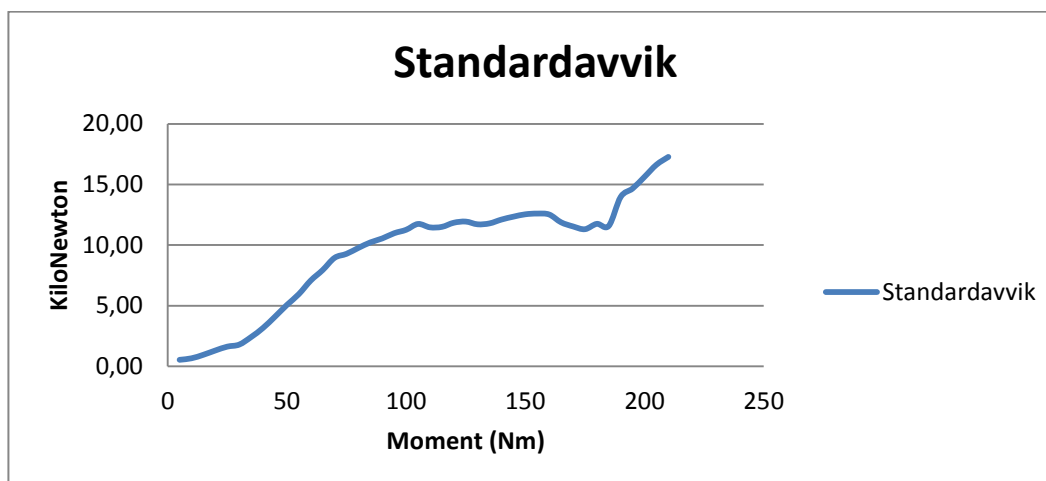
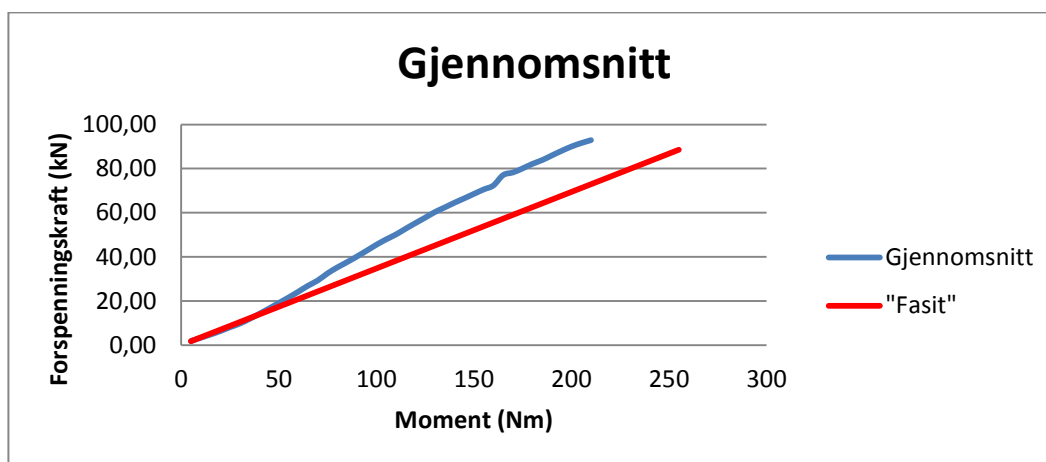
$$F_{\max} := \frac{M_{\max}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

Dei målte maksimal- og minimalverdiane er:

$$F_{\min} = 69,5\text{kN}$$

$$F_{\max} = 111,6\text{kN}$$

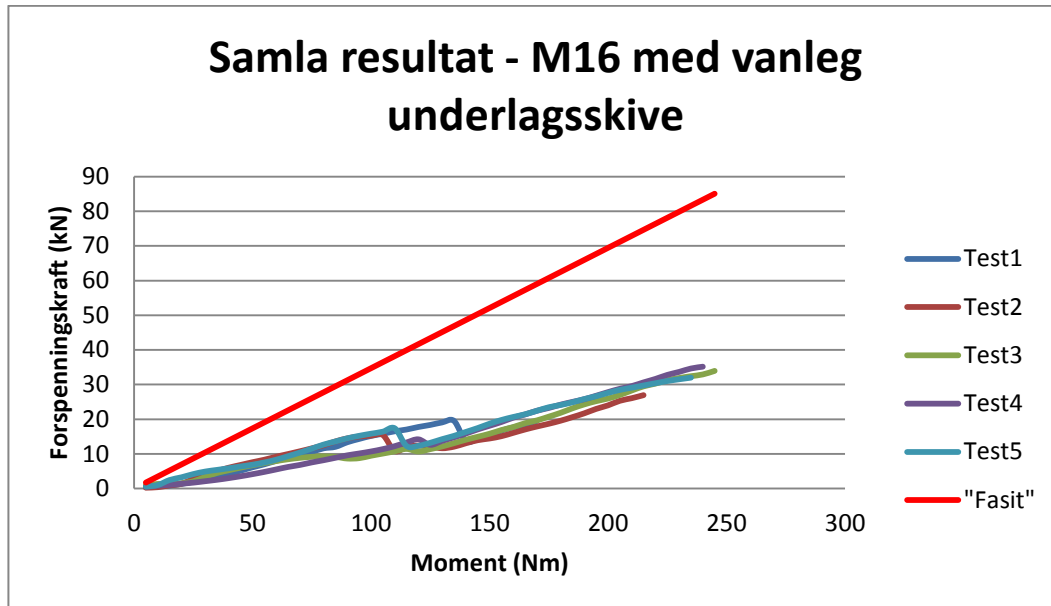
I tillegg er gjennomsnittsverdien ved 200Nm 90,0kN, og seks av åtte verdiar ligg over den teoretiske maksimale verdien. Under er presentert resultatata for gjennomsnitt av målingane og det tilhøyrande standardavviket.



Standardavviket er jamt over veldig stort samanlikna med tilhøyrande gjennomsnitt av verdiane og understrekar dermed at målingane verkar å vere alt for varierende.

3.1.2 M16 – Vanleg underlagsskive

På grunn av veldig låge verdier for forspenning vart denne tiltrekkinga avslutta før verken ønska forspenning eller teoretisk moment vart nådd.



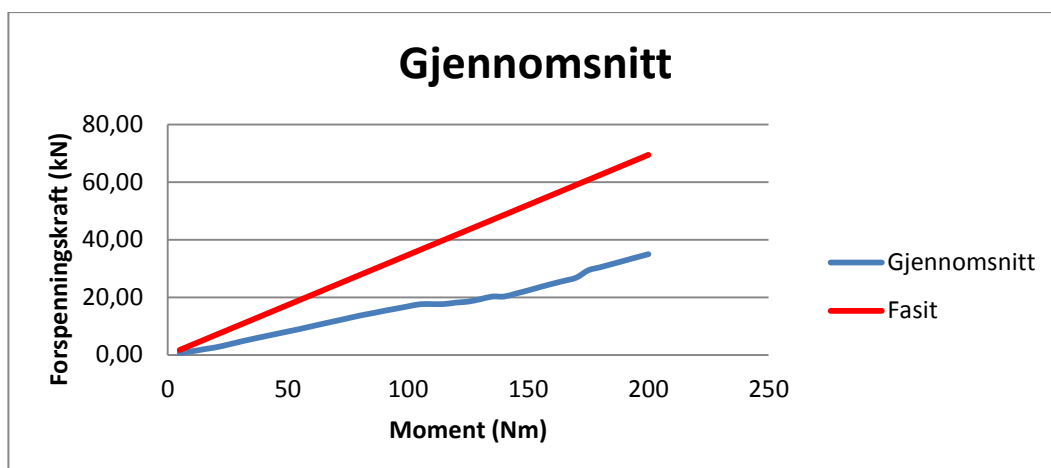
Målingane her er ganske samla men svært langt under det dei skal vere. Ved 200 Nm er maksimal, minimal og gjennomsnittleg målt forspenningskraft:

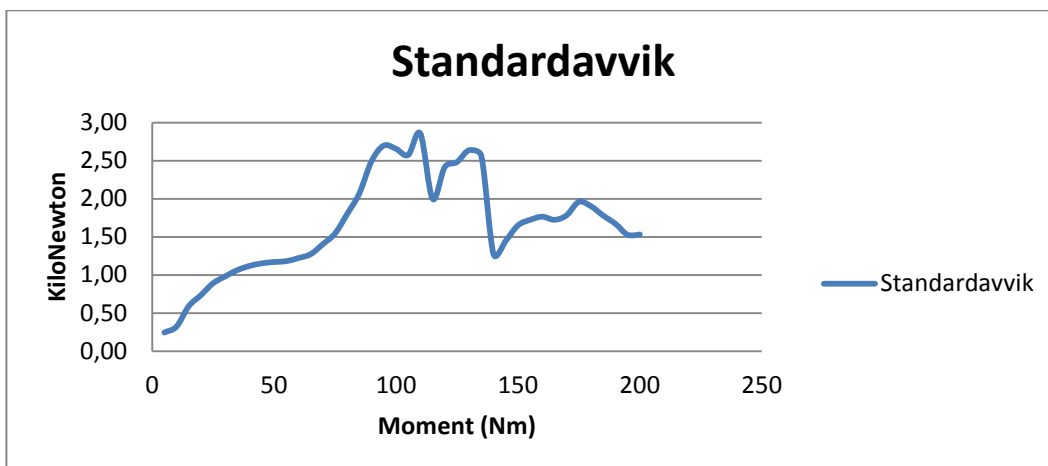
$$F_{\min} = 24,0 \text{ kN}$$

$$F_{\max} = 27,8 \text{ kN}$$

$$F_{\text{gj}} = 26,4 \text{ kN}$$

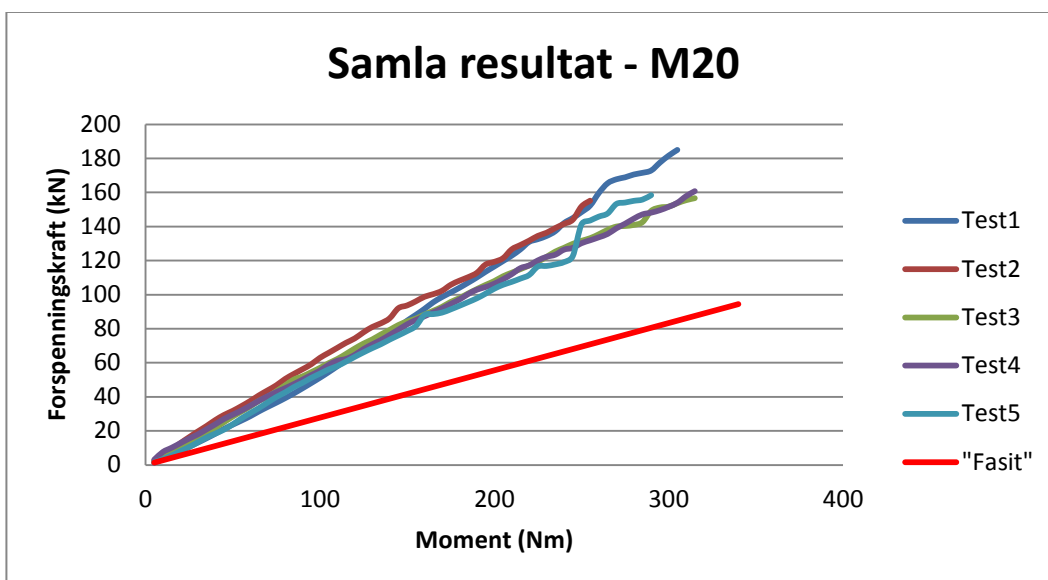
Denne gjennomsnittsverdien er berre 38 % av det den skulle vere. Grafar for gjennomsnitt og standardavvik er:





Standardavviket er akseptabelt på disse målingane dersom dei oppnådde verdiane hadde vore der dei skulle. Det er elles vanskeleg å forklare den store forskjellen mellom dei to målingane når den einaste forskjellen mellom dei skal vere endring av underlagsskive.

3.1.3 M20



Akkurat som resultatata for M16-skrane er dei individuelle testresultata forholdsvis like, men dei ligg likevel langt vekk frå det forventade resultatet. Her nådde skrane den planlagde forspenninga ved eit langt lågare moment enn venta. For drøfting av resultatet er det dermed valt å undersøke dei individuelle målingane ved eit moment på 250 Nm. Her skulle målt kraft ligge innanfor følgjande intervall:

$$F_{\min} := \frac{M_1 - \frac{\Delta M}{2}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

$$F_{\max} := \frac{M_1 + \frac{\Delta M}{2}}{k \cdot d} = \text{kN}$$

$$F_t := \frac{M_1}{k \cdot d} = \text{kN}$$

Intervallet er det same som for M16-skruen. Dette er heilt tilfeldig, og eit resultat av at forholdet mellom undersøkt moment for dei to testane er likt med forholdet mellom skruediametrane (0,8 for begge).

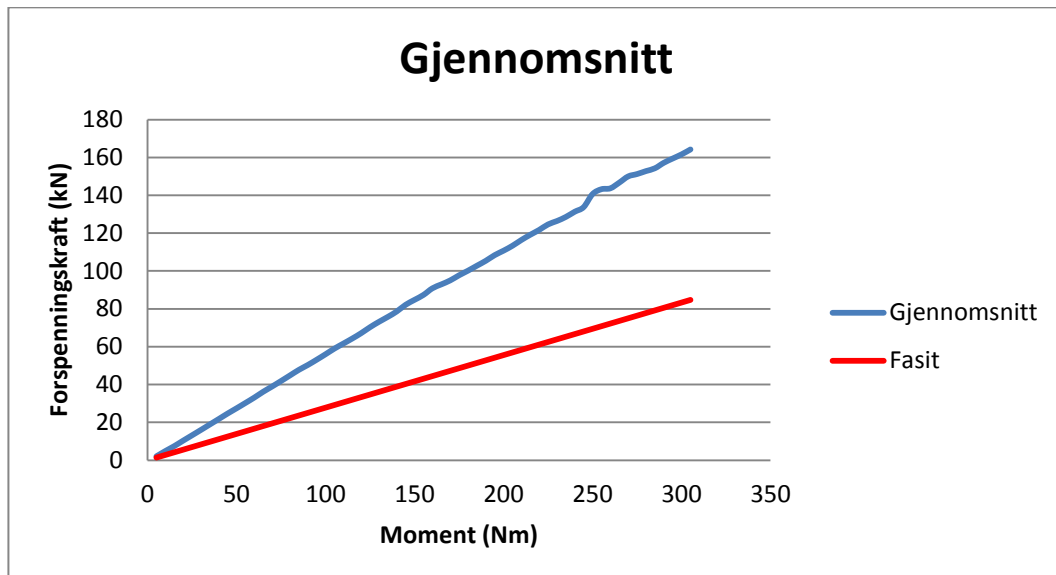
Dei målte verdiane ved 250 Nm har:

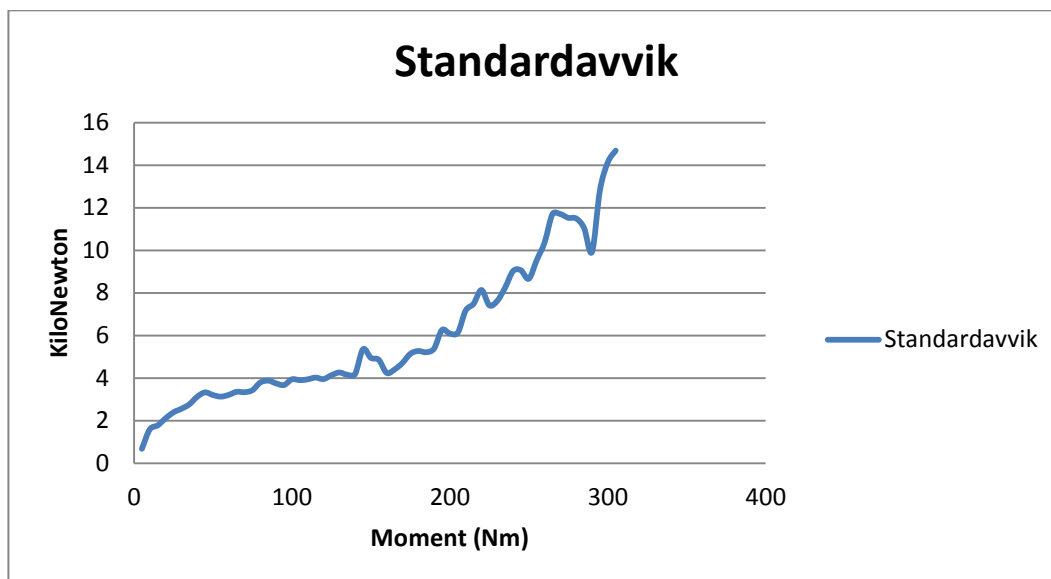
$$F_{\min} = 130,2 \text{ kN}$$

$$F_{\max} = 151,8 \text{ kN}$$

$$F_{\text{gj}} = 140,7 \text{ kN}$$

Målte verdier er altså omtrent dobbelt så store som dei er forventa å vere, og snittverdien er allereie over ønska forspenning ved fullført tiltrekking





Ut frå standardavviket ser ein at målingane er meir samla ved verdiar opp til rundt 100 kN samanlikna med første måling. Ved momentverdi 200 Nm er standardavviket berre 6 kN på gjennomsnittleg forspenningskraft på 110 kN. Etter det vert spreinga raskt større.

3.2 Konklusjon frå fyrste testdag

Det vart raskt konkludert med at måleresultata var for avvikande frå den teoretiske verdien til at dei kunne godkjennast direkte.

Det fyrste resultatet hadde for stor spreining, men det var likevel forholdsvis nær teorien, og ved utrekning gav det ein friksjonsfaktor på 0,16. Det er berre litt lågare enn den som var antatt, og i og med at det var friksjonsfaktoren som skulle fastsetjast med denne testen kunne dette ha vorte godkjent.

Den andre testen, som var utført med same skruedimensjon, men med ei anna underlagsskive, var i motsetning til den fyrste lågare enn teorien tilsa, og utrekna friksjonsfaktor vart her 0,56. Dette er alt for langt frå teorien til å kunne stemme, og ville betydd at nødvendig moment for å nå forspenninga måtte vere nesten 800 kNm, over tre gonger så mykje som den berekna

Siste test er mykje det same. Resultata var større enn teorien, og ville gitt ein friksjonsfaktor på 0,09. Til samanlikning er den oppgitte friksjonsfaktoren frå smøremiddelprodusenten 0,15.

Dersom ein ser alle testane under eitt er det heller ingen samanheng mellom resultatata. Det kunne til dømes ha vore lettare å forklart resultatata dersom alle skilte seg ut frå teorien med ein felles



ROSENBERG



faktor, men dette er ikkje tilfelle. Det vart difor etter desse fyrste testane konkludert med at vidare prøving etter testprosedyrane måtte avvast, og det måtte utarbeidast metodar for å teste at utstyret virka som forventa.

4 Utstyrstesting

4.1 Føremål

Formålet med utstyrstesting var å undersøkje om lastcellene og programmet som vart brukt leverte korrekte resultat. Det vart utarbeida forskjellige feilkjelder som kunne vere årsak til målingsfeil, og desse vart deretter undersøkte nærare.

4.2 Feilkjelder

Det er hovudsakleg tre faktorar som kan vere årsak til eventuelle feil på målingane som vert registrerte.

1. Programmet vert brukt feil. Dette gjeld både feil i kopling av leidningar, og feil i innstillingane på programmet
2. Lastcellene vert brukt feil. Dette punktet går på om lastene vert påført korrekt, og om miljøet dei er brukte i held krava til cellene.
3. Lastcellene er defekte. Dette er eit punkt som er vanskelegere å undersøkje direkte. Dersom dei andre feilkjeldene er eliminerte, kan ein likevel påføre kjende krefter på cellene, og finne ut om verdien dei leverar stemmer overeins med desse.

Drøfting av punkta, og eventuelle tiltak som må utførast

1. Det var, som nemnt tidlegare, knytt stor usikkerheit til det fyrste punktet i byrjinga. Etter mail- og telefonkorrespondanse med produsent og leverandør har det likevel vorte bekrefta at ting er sett opp på korrekt måte, og at ein sannsynlegvis ikkje ville fått resultat i det heile dersom cellene var kopla på feil måte.
2. Lastcellene er brukt i samsvar med anbefalingar og krav frå produsent. Moment er påført vinkelrett på skrueaksen, og det er brukt smøremiddel mellom underlagsskive og skruehovud for å sikre at ingen rotasjon og sidekrefter vert overført til kraftcella. Temperaturen i lokalet der tiltrekking er utført har vore stabil og innanfor krav angitt i produktdatablad.
Cellene er leverte med ein oppgidd beskyttelsesklasse. Denne gir informasjon om kva slags miljøpåkjenningar utstyret er laga for å tåle med tanke på inntrenging av støv og vatn. Det fyrste talet gir graden av vern mot støvinntrenging, og det siste talet vern mot vassinntrenging. Verdiane for dei ulike cellene som er leverte er som følgjer:

Stor momentmålar:	IP67
Liten momentmålar:	IP40
Stor og liten kraftcelle:	IP65

Større verdiar betyr betre vern. Det er her den vesle momentmålararen som er dårlegast verna. IP40 betyr at målararen er verna mot inntrenging av partiklar med storleik over 1 mm, og ikkje verna mot inntrenging av vatn. Lokalet der utstyret har vore brukt er ikkje spesielt utsett for støv, og ikkje utsett for vatn i det heile, så det er konkludert med at dette ikkje skal ha innverknad på resultatet.

3. I og med at dei andre to feilkjeldene med stort sannsyn kan avkrefast, måtte det utførast testar av lastcellene for å avgjere om desse kunne vere defekte.

4.3 Testing av momentmålarar

Testing av momentmålarane var forholdsvis enkelt å gjere. Det vert ved Rosenberg nytta manuelle momentnøklar med kapasitet opp til 800 Nm for tiltrekking av skruer. Desse momentnøkklane vert stilt inn på ønska moment, og ved tiltrekking gjer dei frå seg eit lite knepp når dette momentet er oppnådd. Nøkklane vert kalibrerte annakvart år til ein nøyaktigheit på $\pm 4\%$. For å teste dei bestile momentmålarane vart det dermed stilt inn på forskjellige vilkårlege moment, og trekt til.

Det er ikkje loggført direkte resultat frå desse testane, men cellene er likevel vortne kontinuerleg kontrollert visuelt under tiltrekking av skruar då momentnøkklane her vart stilte inn på det ønska momentet. Under kvar tiltrekking vart det undersøkt kva verdi som vart vist i programmet når momentnøkkelen indikerte at momentet var nådd, og avleste verdiar stemde alltid godt overeins med det faktiske momentet som vart brukt. Generelt låg avviket på avlest og faktisk verdi på rundt 1 %.

På grunn av at det vart nytta tre forskjellige momentnøklar til tiltrekking alt etter kva moment som skulle verte oppnådd er sjansen for at desse markerar ved feil verdi eliminert, og det er rekna som sikkert at momentmålarane fungerer som dei skal. Dette tyder vidare at ein kan konkludere med at koplinga av cellene og innstillinga på programmet er gjort korrekt for både kraftceller og momentmålarar, då det er vorte bekrefta frå leverandør at dette skulle gjerast på same måte for begge.

4.4 Testing av kraftceller

Grunna den store kapasiteten og tilhøyrande nøyaktigheita til kraftcellene var det ikkje like enkelt å teste desse som momentmålarane. Omrekna til masse i tonn vert kapasiteten og nøyaktigheita til cellene som følger:

Kraftcelle	Kapasitet	Nøyaktigheit ved måling av forspenning (3 %)	Nøyaktigheit ved måling av trykkraft (1 %)
Liten (160kN)	16,32 tonn	0,50 tonn	0,16 tonn
Stor (500kN)	50,99 tonn	1,53 tonn	0,51 tonn

Det vart fyrst forsøkt å legge gjenstandar med kjend vekt på cellene for å kontrollere, men det vart fort avgjort at dette var ein dårleg måte å gjennomføre testen på grunn av den store vekta som måtte nyttast.

Det vart også forsøkt med ei handdriven hydraulisk pumpe som genererte trykk. Desse testane vart òg for unøyaktige til å trekke konklusjonar ut frå, då avlesingar av trykk måtte gjerast med eit analogt manometer. I tillegg var det nøyaktige arealet på stempelet som genererte trykket ikkje kjent, så det var ikkje råd å vite akkurat kva slags kraft som vatr påført. Det vart utført eit sett med testar som ikkje er tekne med i oppgåva.

Det vart bestemt å opprette kontakt med TEO Teknisk AS på Nærbø for å få utført pålitelige testar av kraftcellene. TEO Teknisk driv mellom anna med kalibrering av lastceller, og har utstyr som kan generere trykkrefter opp til 100 tonn. Etter dette vart det planlagt ein omfattande test av cellene ved UiS

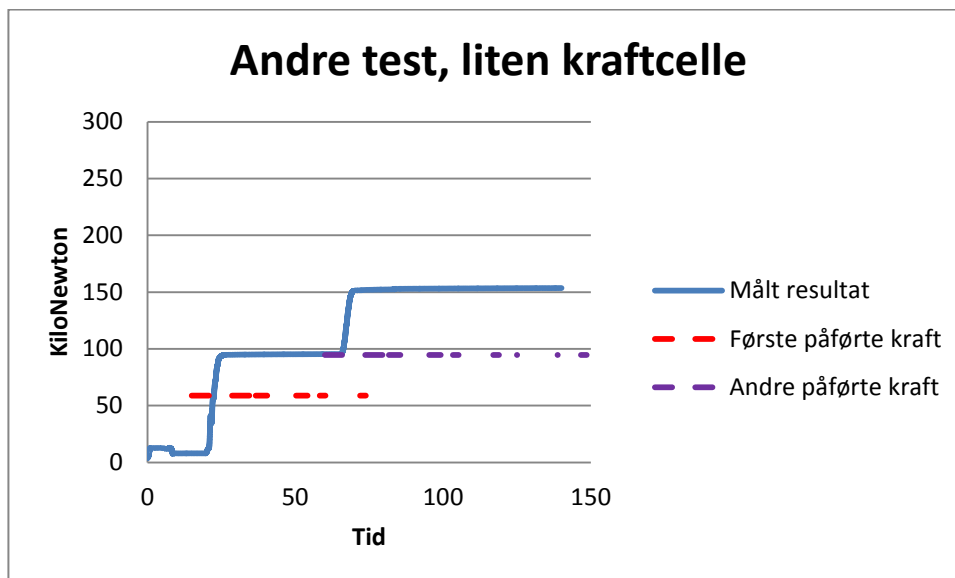
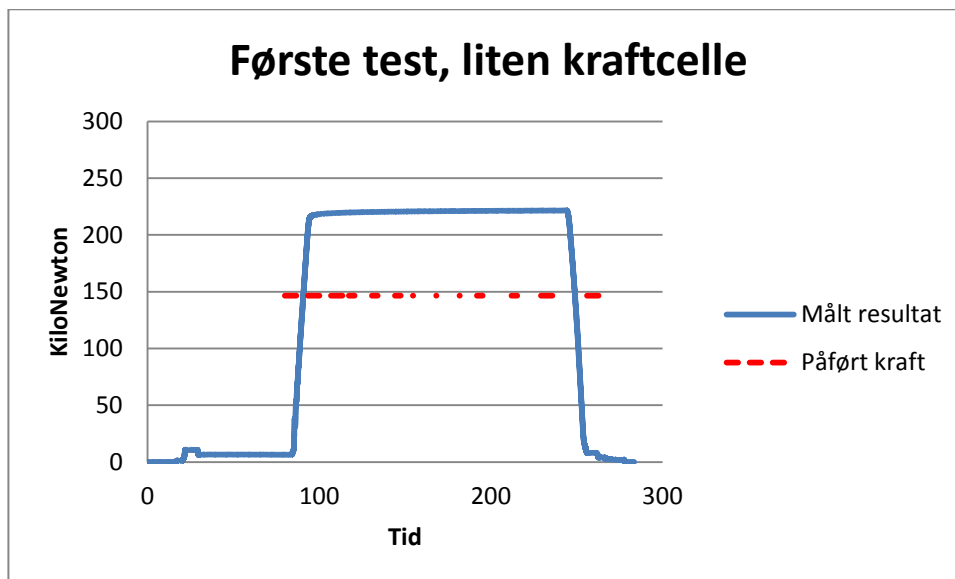
4.4.1 Testing ved TEO Teknisk AS

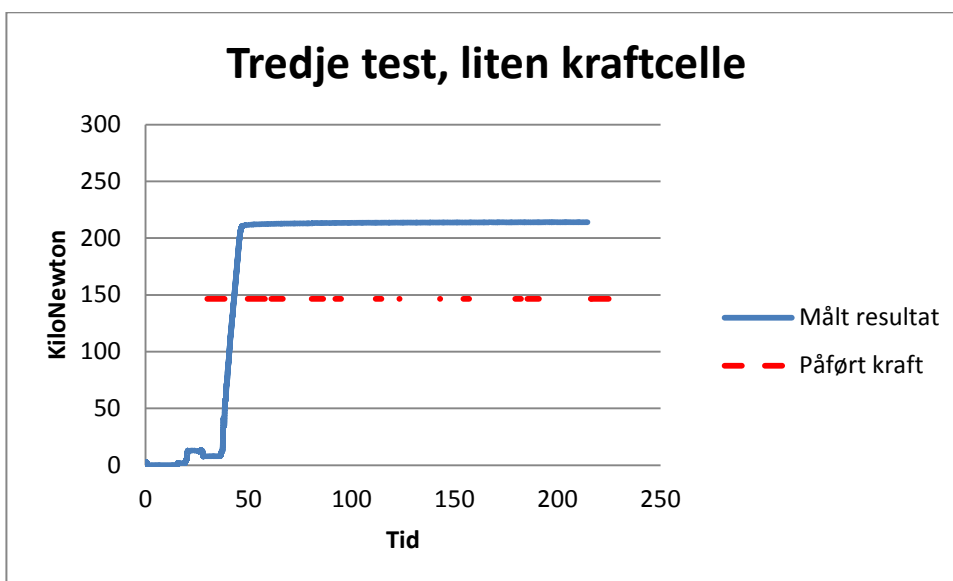
Det vart lagt opp til ein veldig kort test ved TEO Teknisk der formålet berre var å sjekke verdiane lastcellene gav ut opp mot den lasta som vart påført. Den vesle lastcella vart testa i tre omgangar ved fire ulike laster, og den store vart testa i to omgangar ved seks ulike laster. Det vart til sist gjort ein test der begge lastceller vart lagt oppå kvarandre og belasta samtidig.

4.4.1.1 Resultat

Alle verdier i tabellen i kiloNewton.

Test	Lastpåføring nummer	Påført kraft	Målt resultat	Avvik	
Første test	1	146,4	219,5	+ 73,1	+ 49,9 %
Andre test	1	58,8	95,2	+ 36,4	+ 61,9 %
	2	94,5	152,9	+ 58,4	+ 61,8 %
Tredje test	1	146,4	213,9	+ 67,5	+ 46,0 %

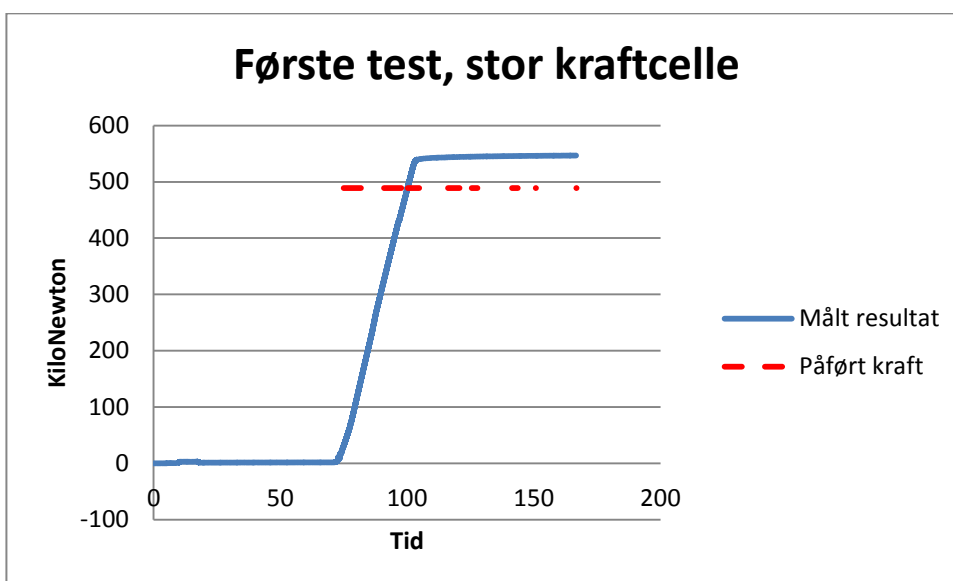


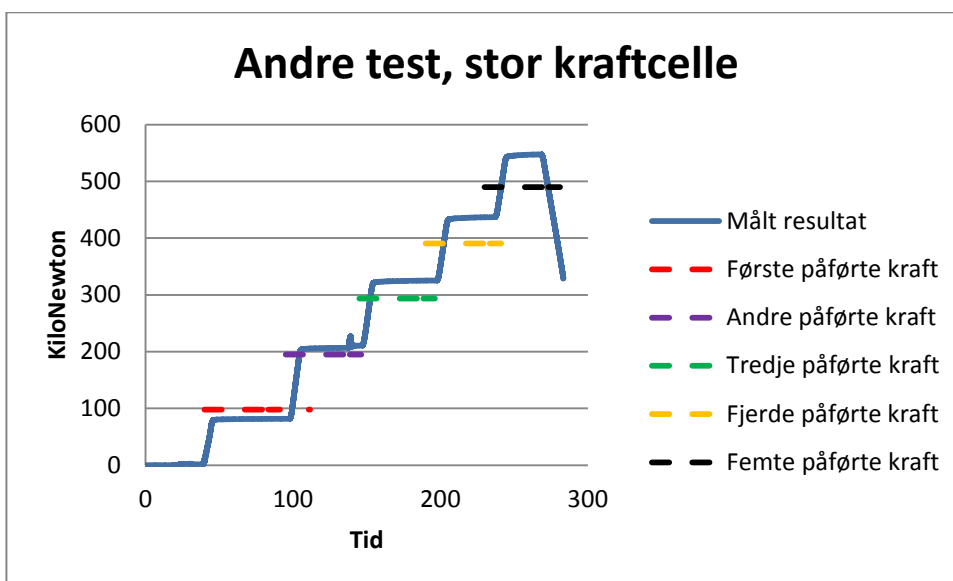


Det vart registrert at den vesle kraftcella leverte alt for høge verdiar ved alle laster. Det er heller ingen lineær samanheng mellom avvika mellom avlest og påført kraft. Test nummer to har same faktor for avvik for begge målingar, men den er ikkje lik faktoren for målingane ein og tre.

For stor kraftcelle vart resultatata som følgjer:

Test	Lastpåføring nummer	Påført kraft	Målt resultat	Avvik	
Første test	1	488,9	542,1	+ 53,2	+ 10,9 %
Andre test	1	97,8	81,1	- 16,7	- 17,1 %
	2	194,8	206,6	+ 11,8	+ 6,1 %
	3	293,5	323,8	+ 30,3	+ 10,3 %
	4	390,7	436,8	+ 46,1	+ 11,8 %
	5	489,6	545	+ 55,4	+ 11,3 %

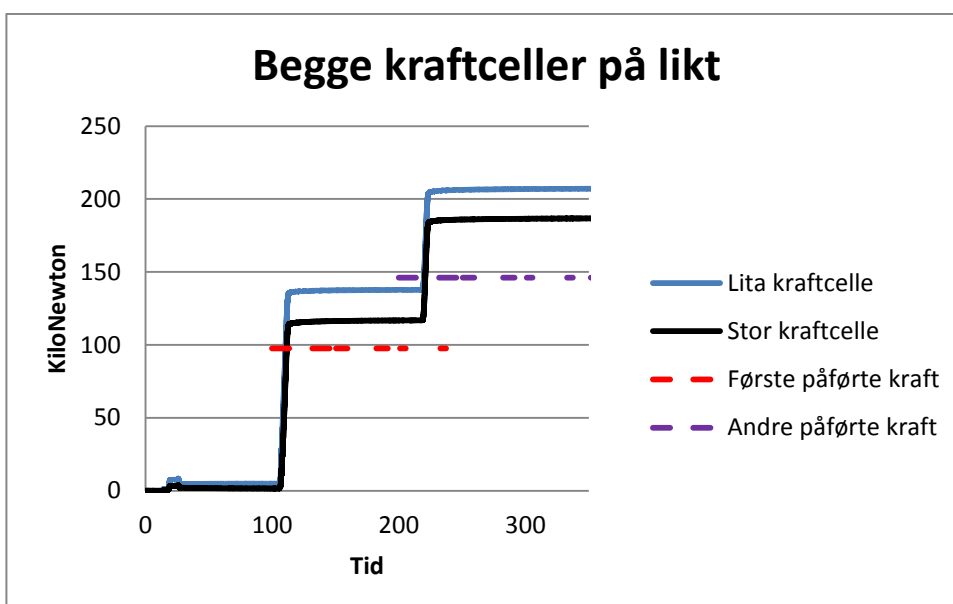




For den store kraftcella ser ein at resultata varierer frå å faktisk ligge godt under den påførte lasta ved den minste verdien til å ligge eit stykke over etter kvart som lasta vert auka. Det er heller ikkje her noko opplag samanheng mellom faktorane avviket opererer med, sjølv om det stabiliserer seg rundt 11 % over påført verdi for dei høge lastene.

Når begge cellene vart påført trykk på likt vart resultatet slik:

Lastpåføring	Påført kraft	Lita lastcelle			Stor lastcelle		
		Målt resultat	Avvik		Målt resultat	Avvik	
1	97,6	137,4	+ 39,8	+ 40,8 %	116,3	+ 18,7	+ 19,2 %
2	146,1	207,2	+ 61,1	+ 41,8 %	186,9	+ 40,8	+ 27,9 %



Her er forholda for dei to kraftcellene så like som det er mogleg å oppnå i og med at dei vert testa på same tid. Likevel er det stort avvik både innbyrdes mellom målingane, og i forhold til den faktiske lasta som er påført. Det er heller ikkje noko samsvar mellom avvika i prosent frå testane som vart gjort på kraftcellene enkeltvis og her.

4.4.1.2 Konklusjon etter testing hjå TEO Teknikk AS

I og med at det her er kjent kva last som er påført kraftcellene, er det lett å fastslå at målingane ikkje stemmer med det dei skal vere. Alle avvik er langt over den oppgiddde nøyaktigheita på kraftcellene. I og med at oppkopling og bruk av programmet er bekrefta, både frå produsent og frå det faktum at momentmålarane gir korrekt resultat, vert det konkludert med at kraftcellene er defekte.

4.4.2 Testing ved UiS

Frå dei første forsøka med trekking av skruar vart det registrert ein tendens til at kraftcellene leverte like enkeltresultat så lenge ingen parameter vart endra. Altså at dersom ei skrue vart trekt til og løyst opp for så å verte erstatta med ei ny skrue av same dimensjon ville den målte forspenninga vere forholdsvis samsvarande for dei to skruane så lengje cella ikkje vart flytta på.

Det vart i samband med dette avgjort å utføre ein siste test ved ei trykkpresse ved Universitetet i Stavanger for å undersøkje nærare kva slags faktorar som gjorde at enkeltresultat endra seg. Kunnskap omkring dette kunne og vere nyttig ved ein seinare anledning dersom den opphavlege testen som var målet med denne oppgåva skulle utførast. Tilstandane som skulle undersøkast var om det hadde betydning for resultat om krafta vart påført sentrert på cella, og om det utgjorde forskjell om cella vart snudd opp ned. I tillegg vart det lagt inn ein test der begge kraftceller vart testa samstundes, og test av kraftcellene enkeltvis for referanse.

Trykkpressa på UiS var ei handdriven trykkpresse med eit manometer for avlesing. Dette betydde at det vart knytt usikkerheit til avlesing av påført trykk. For formålet med denne testen var ikkje dette av stor betydning, då det her var samanlikning av dei individuelle testresultata som var interessant, og ikkje nødvendigvis den eksakte verdien på trykket. Det vart i tillegg lagt opp til mange testar for kvar situasjon for å sikre at små avlesingsfeil vart eliminerte.

4.4.2.1 Plan for testing

Ved kvar test vart kraftcellene lasta opp til 14 000 kg med eit stopp for kvar 1000 kg for å lese av resultat. Dermed kunne alle testresultat samanliknast etter at testen vart avslutta.

1. testsett

- Test av liten kraftcelle i trykkpresse. Ei stålplate vert lagt mellom stempel og kraftcelle. Testen vert utført fem gonger for å eliminere små feil på avlesing frå manometer, og små variasjonar i faktisk påført trykk.
- Testoppsettet med kraftcelle og stålplate vert ikkje flytta mellom kvar enkelttest.

2. testsett

- Testen er den same som testsett nummer 1, men utført med stor kraftcelle

3. testsett

- Begge cellene skal testast på likt. Ei stålplate vert lagt mellom kraftcellene, og ei vert lagt mellom stempelet og den øvste cella.
- Testen skal utførast 10 gonger, og det vert bytt plass på cellene mellom kvar test. Altså vert oppsettet som følgjer:

Testnummer	1, 3, 5, 7 og 9	2, 4, 6, 8 og 10
Testoppsett	Stor celle nedst, lita celle øvst.	Lita celle nedst, stor celle øvst.

4. testsett

- Liten kraftcelle testast med plasseringar utanfor senterlinja til stempelet. Fem testar skal utførast.
- Oversikt over plassering på kraftcellene:

Testnummer	Plassering av kraftcelle
1	Sentrert for å få målt ein referanseverdi
2	Ca 7mm til høgre for senterpunkt
3	Ca 7mm framover frå senterpunkt
4	Ca 7mm til venstre for senterpunkt
5	Ca 7mm bakover frå senterpunkt

5. testsett

- Testen er den same som testsett nummer 4, men utført med stor kraftcelle

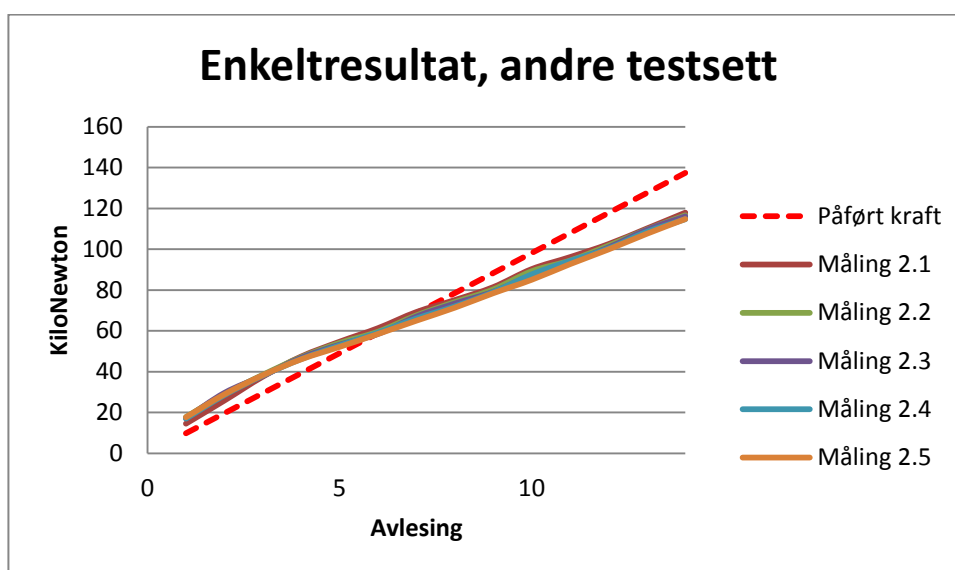
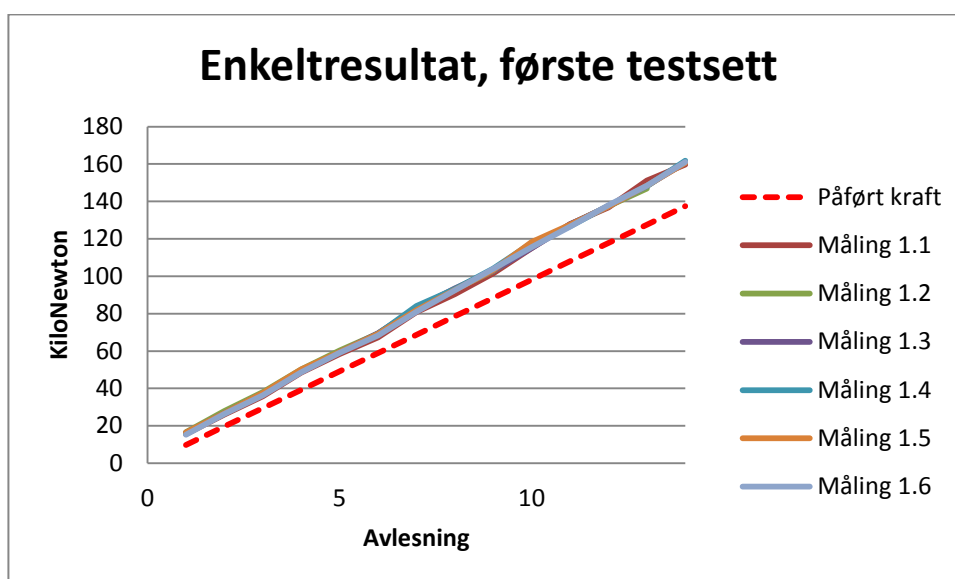
6. testsett

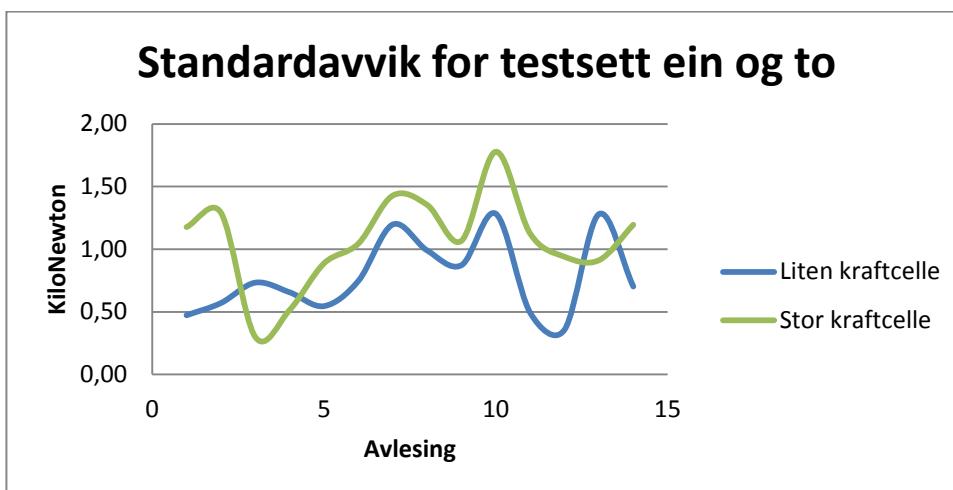
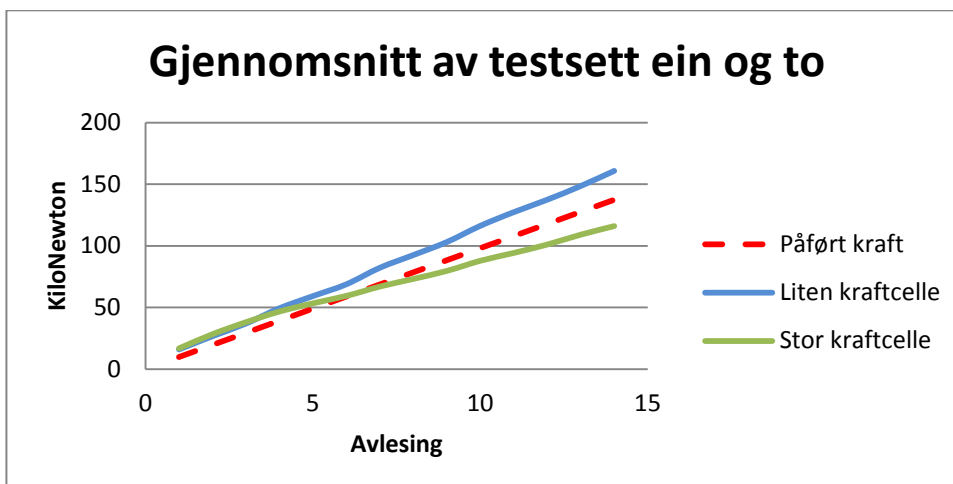
- Liten kraftcelle testast fire ganger. Under første og tredje test er cella plassert rett veg basert på teksten på cella. På andre og fjerde test er cella plassert opp ned.

7. testsett

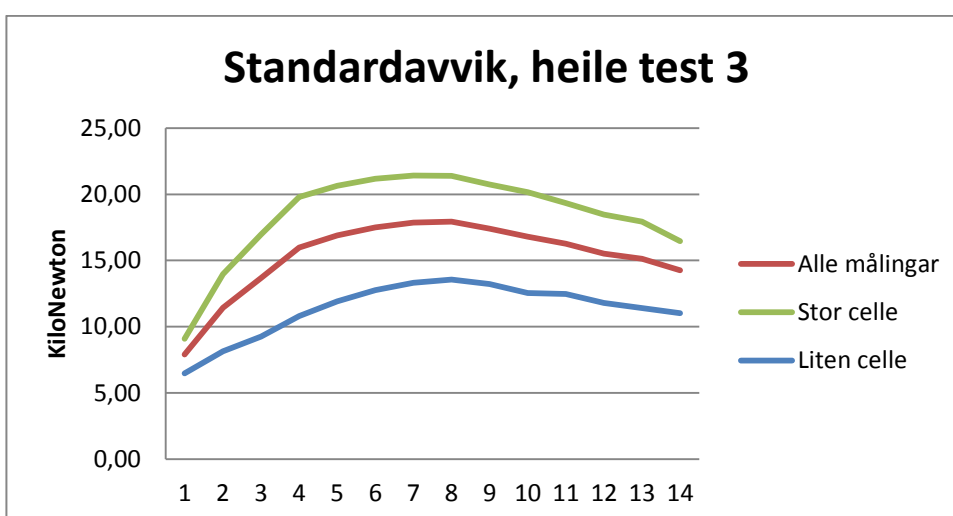
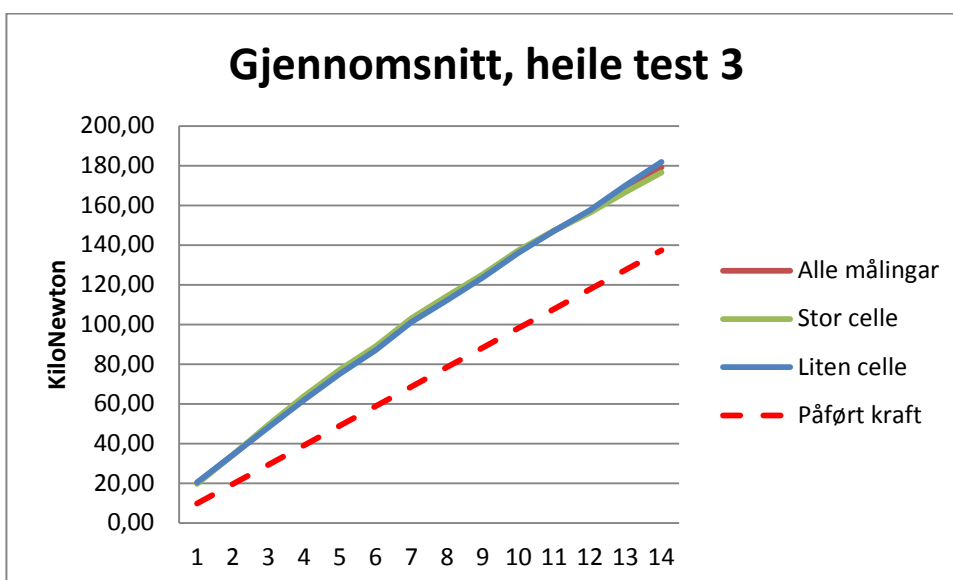
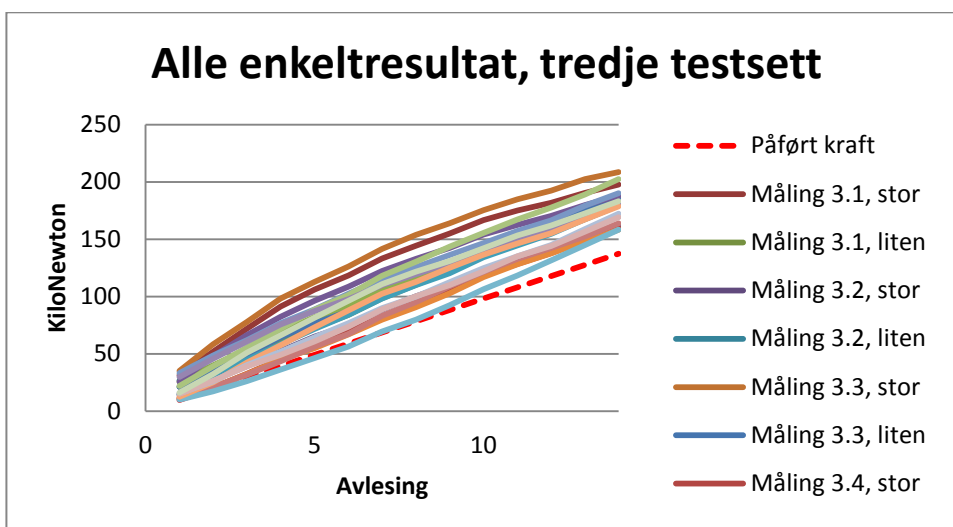
- Testen er den same som testsett nummer 6, men utført med stor kraftcelle

4.4.2.2 Resultat



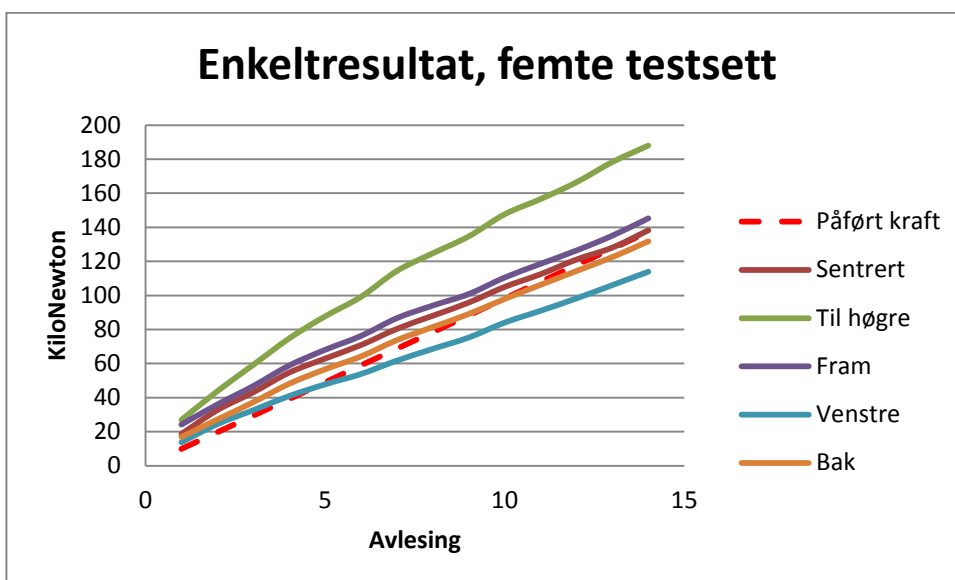
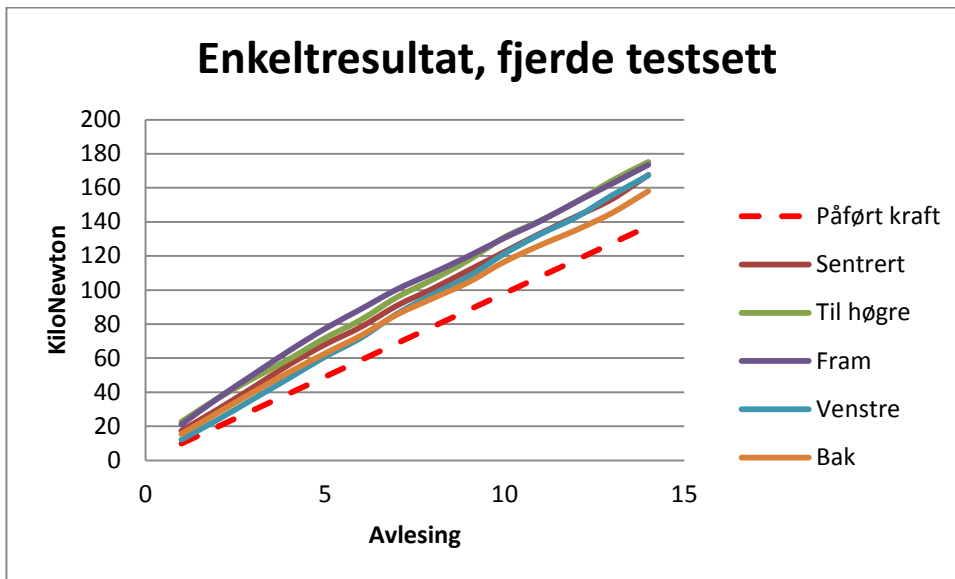


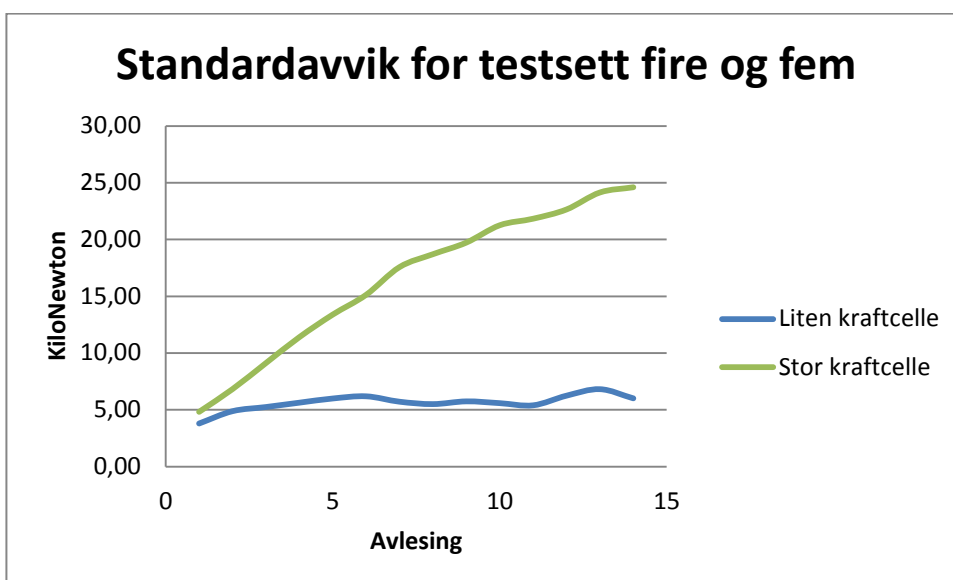
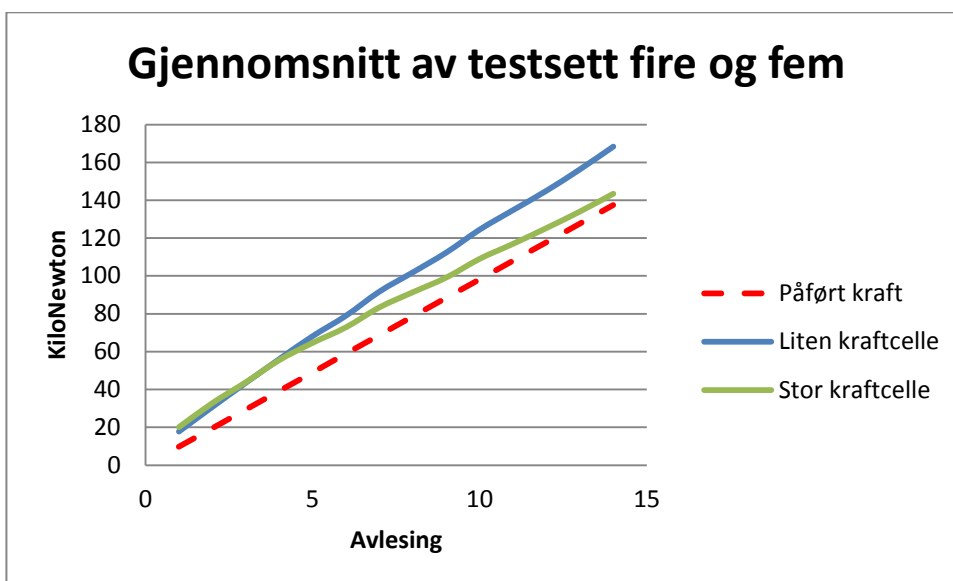
For testsett ein og to var det forventat at enkeltresultata i testane skulle vere ganske samsvarande for kvar enkelt test i og med at ingen endringar vart gjort med kraftcellene mellom kvar tiltrekking. Dette samsvarar godt med resultata. Standardavvika er veldig låge, og ligg rundt 1 kN sjølv for dei største måleverdiane på 150 kN. Det er likevel framleis for store forskjellar mellom målingane frå dei to kraftcellene, sjølv om dei er like ved dei minste lastene. Ved største last er det eit avvik på +17 % for den vetle kraftcella, og - 16 % for den store



På denne testen vart kraftcellene flytta mellom kvar tiltrekking, og det var dermed forventa store forskjellar i målingane. Også her stemde oppnådd resultat godt med teorien. Det er likevel

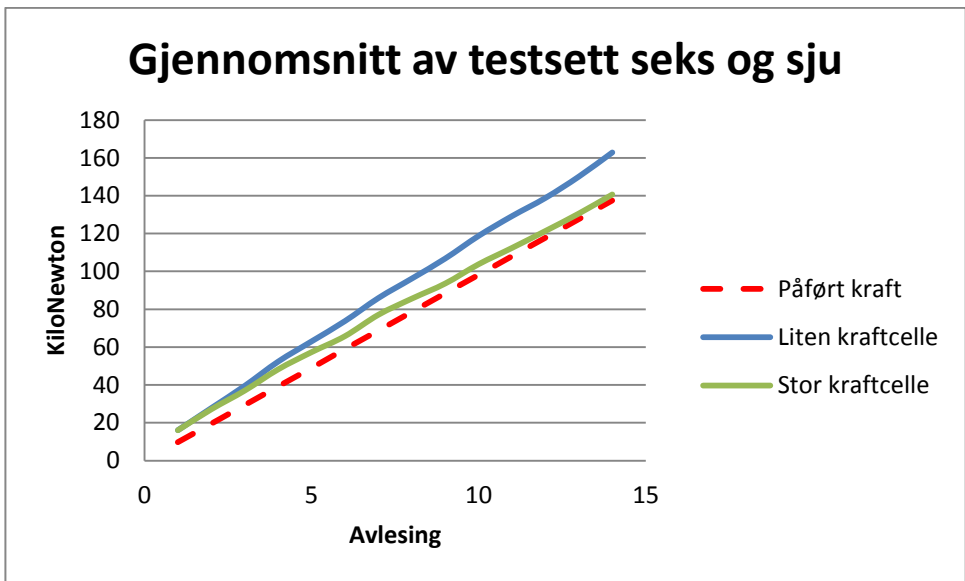
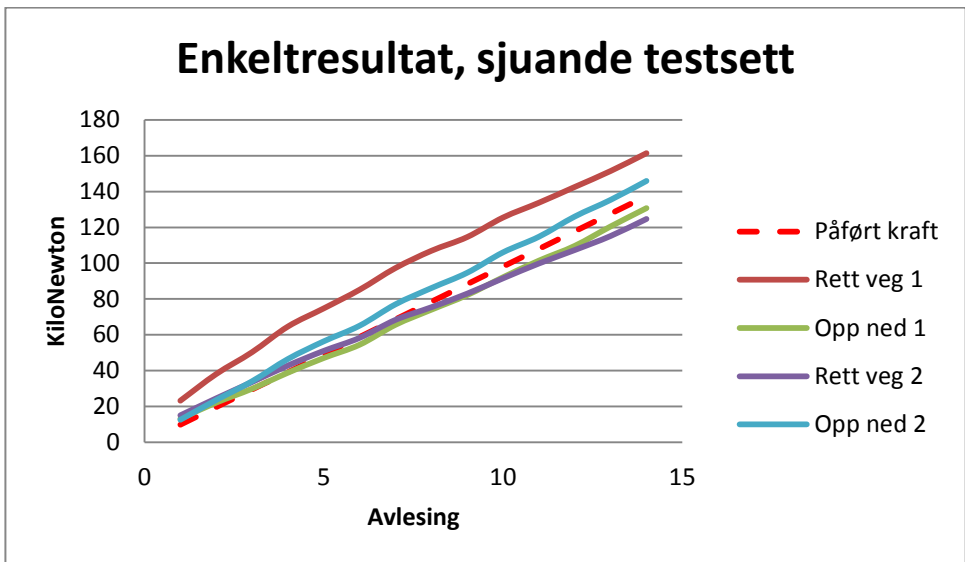
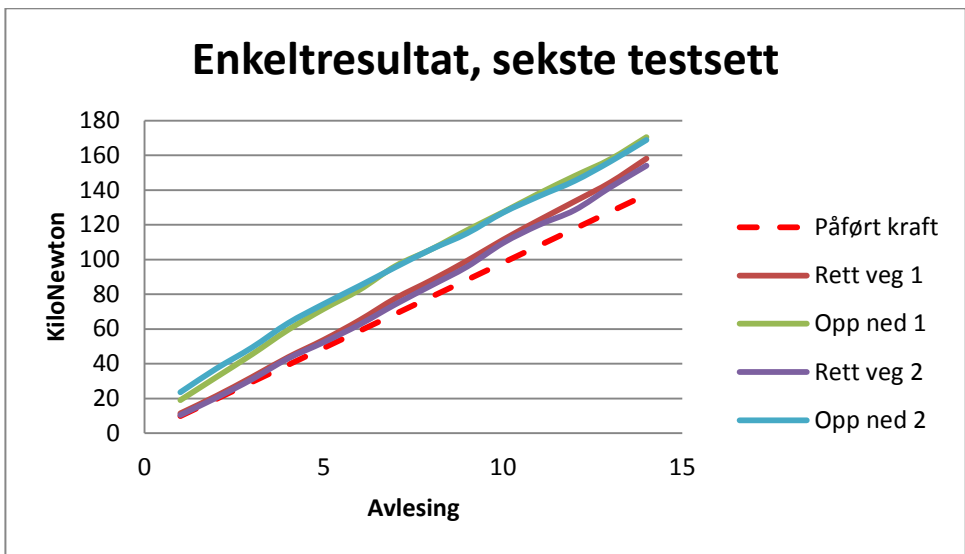
verdt å merke seg at gjennomsnitta av målingane er overraskande like. Samstundes ser ein at standardavvika på desse gjennomsnitta er store, og heilt oppe i 21 kN for målinga som skal vere 78 kN. Største avvik frå fasit er på pålasting tre (stor kraftcelle nedst) der den store cella viser ein verdi 79 % større enn den påførte krafta lik 98 kN.

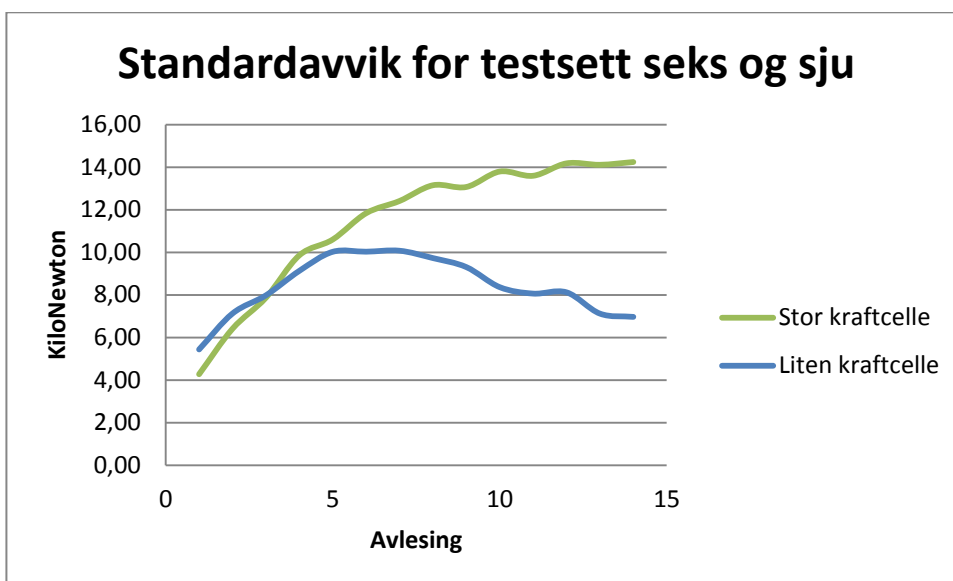




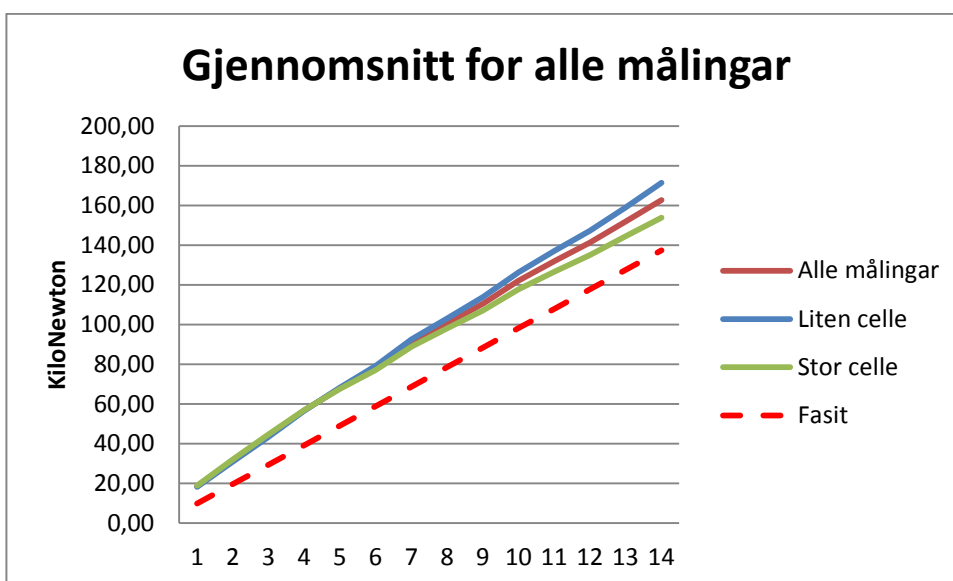
Også på denne testen var det forventa ein del spreing i resultatane, på grunn av flytting av kraftcellene mellom kvar pålasting.

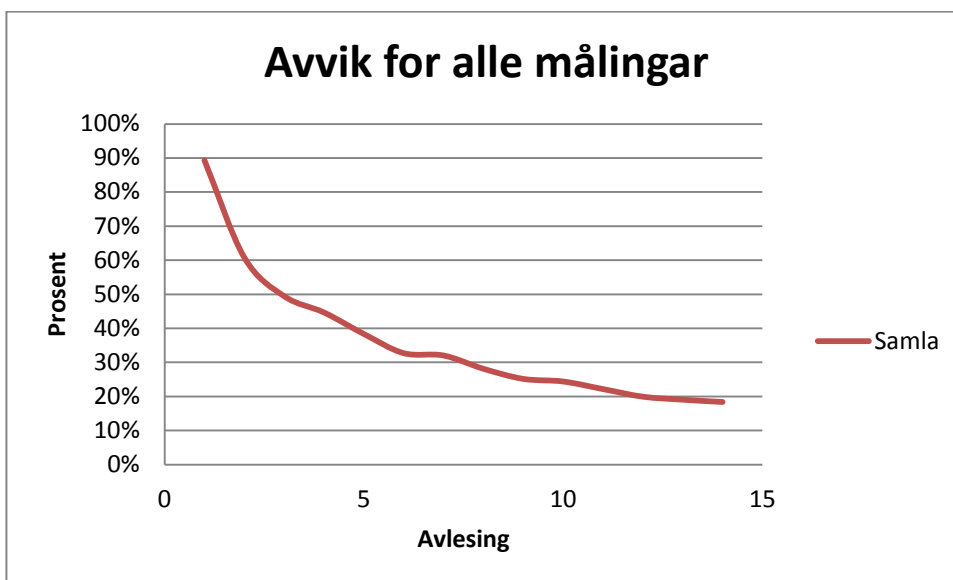
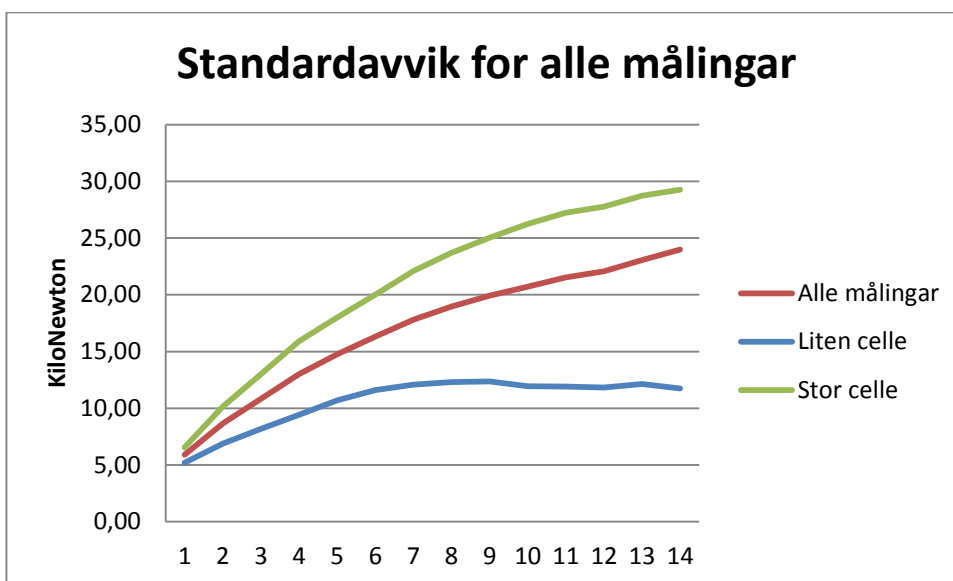
For den vesle kraftcella var resultatane forholdsvis like. Det er ein del større standardavvik enn det var for test ein, men gjennomsnittet av målingane er nesten likt. For den store kraftcella skilte målingane med kraftcella plassert til venstre og høgre seg ein del ut frå dei tre andre. Spesielt med kraftcella til høgre var det stort avvik. Dette fører til eit veldig stort standardavvik på målingane, samt at gjennomsnittsverdien vart dregen opp til å ligge over den faktiske påførte krafta for alle målingar. Dersom denne målinga ikkje hadde vore medrekna ville grafen for gjennomsnittet vore nesten lik gjennomsnittsmålinga for test to.





For siste testsett var det òg forventa variasjon i resultata. For den vetle kraftcella var resultata når cella låg rett veg og opp ned samla kvar for seg, og standardavviket på målingane var litt høgare enn det var for testsett fire. Gjennomsnittet av målingane er nokså likt med dei tidlegare målingane for lita kraftcelle. For den store var det meir spreiring i resultata, og standardavviket er også her høgare enn for den vetle.





Dei siste to grafane viser resultatane frå dei sju forskjellige testsetta samla i eitt. Ein ser at generelt ligg dei målte resultatane over dei påførte kreftene. Avviket er prosentvis større ved små målingar.

4.4.2.3 Konklusjon

Ut frå grafane ser ein at det ikkje er noko lineæritet mellom avviket og fasiten, noko som eventuelt kunne ha indikert at det kunne vere ein innstillingsfeil i programmet. Det er òg veldig stor usikkerheit i målingane, og spesielt testsett tre gir eit godt bilete på kor lite samsvar det er. Totalt sett kan ein sjå at den vetle lastcella gir meir samsvarande verdiar i målingane enn den store gjer, men samtidig er det faktiske avviket større. Ved maksimal last er gjennomsnittresultatet for alle målingar 25 % over faktisk last for liten celle, og 12 % over stor celle

Generelt sett ser det ut som at cellene er veldig følsame for å bli flytta på, og at dette fører til store variasjonar i dei målte verdiane. All utstyrstesting som er gjort gjorde at det måtte konkluderast med at cellene er defekte, og måtte returnerast til produsent.

5 Konklusjon

Hovudmålet med oppgåva, som var å oppdatere den eksisterande prosedyren for skruetrekking ved Bergen Group Rosenberg, kunne ikkje gjennomførast på grunn av dei omfattande problema med testutstyret. Det vart heller ikkje utført grundige teoretiske berekningar omkring emnet då alle utsettelsane gjorde at det vart for knapt med til til å settje seg nok inn i nødvendige program, samtidig som at den tiden som faktisk var til rådighet gjekk med til å finne metodar for å teste lastcellene.

Det er i løpet av oppgåva opparbeida omfattande kunnskap om dei gjeldande reglane for skrueforbindelsar og kva som er endra frå tidlegare. Hovudsakeleg frå studiet av standardane, men og frå informasjon som er fått frå forskjellige personar som har vorte kontakta under skrivinga.

Sjølv om testresultata frå skruetiltrekkinga ikkje kunne brukast, kan ein likevel konkludere med at testprosedyren som vart utarbeida i oppgåva er gjennomførbar, og dei praktiske erfaringane som er gjort rundt utføringa av testane gjer at testane kan utførast effektivt ved ei seinare anledning.

Kraftcellene er sende i retur til produsent som skal godkjenne at cellene er defekte. Når nye vert motatt skal testane utførast som planlagt.

6. Forslag til framtidig arbeid

Dei planlagde testane bør utførast i sin heilheit for å få verifisert at eksisterande trekkemetodar gir ønska resultat. I og med at Rosenberg ofte har prosjekt som går over mange år vil det vere hensiktsmessig å utføre testar både for dei gamle skruane, som nødvendigvis vil halde fram med å verte brukte på prosjekt som vart starta opp før den nye standarden tredde i kraft, og for HR- og HV-skruer som må takast i bruk på nye prosjekt.

Det anbefalast og å gjere grundige testar av skruer av HR- og HV-system opp mot dei skruane som no vert brukt for å avdekke eventuelle forskjellar. Dersom det er store avvik i oppnådde resultat anbefalast det å utføre heile den planlagde testen for det systemet som kjem til å verte brukt ved Rosenberg i framtida.

7. Kjelder

7.1 Figurar

- Figur 1 - NS-EN 1090-2:2008+A1:2011 Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner – Del 2: Tekniske krav til stålkonstruksjoner, første utgave.
Figur 3, side 53
Standard Norge
- Figur 4 - NS-EN 1090-2:2008+A1:2011 Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner – Del 2: Tekniske krav til stålkonstruksjoner, første utgave.
Figur J3, side 182
Standard Norge
- Figur 5 - NS-EN 14399-3:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål - Del 3: System HR Sekskantskrue- og mutterforbindelser, første utgave
Figur 1, side 6
Standard Norge

- Figur 6 - NS-EN 14399-3:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål - Del 3: System HR Sekskantskrue- og mutterforbindelser, første utgåve
Figur, side 12
Standard Norge
- Figur 7 - NS-EN 14399-3:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål - Del 3: System HR Sekskantskrue- og mutterforbindelser, første utgåve
Figur, side 16
Standard Norge
- Figur 8 - NS-EN 14399-6:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål - Del 6: Skråfasede underlagsskiver for system HR og HV
Figur 2, side 7
Standard Norge
- Figur 9 - NS-EN 14399-1:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål - Del 1: Generelle krav
Figur, side 21
Standard Norge
- Figur 10 - <http://www.appliedbolting.com/>
Oppsøkt [12.06.12]
- Figur 11 - <http://www.turnasure.com/turnasure-direct-tension-indicator-dti.shtml>
Oppsøkt [12.06.12]
- Figur 12 - <http://www.fastenal.com/web/en/79/structural-bolts;jsessionid=6yTHPjXQPdnxSWnbgvLYh8LCpchSnY0t1YMgXNRwQSpzj34jrLH2!840019863!188412597>
Oppsøkt [12.06.12]
- Figur 13 - Produktdatablad for "Ring force transducer for bolt forces"
Tilgjengeleg på <http://www.tecsis.de/filestore.aspx/ae921.pdf?pool=website&type=file&id=368c3c06-83ab-4b8a-9cca-821dc404037e&lang=en&filetype=default>
- Figur 14 - Produktdatablad for TRS Static torwue transducer
Tilgjengeleg på http://www.aep.it/Data_Sheet/Torque_transducers/TRS.602.R3.pdf
- Figur 15 - Produktdatablad for TRX Static torque transducer
Tilgjengeleg på http://www.aep.it/Data_Sheet/Torque_transducers/TRX.601.R4.pdf
- Figur 16 og 17 - Produktdatablad for TA2USB Digital Transmitter
Tilgjengeleg på http://www.aep.it/Data_Sheet/Instruments/ta2usb.530.r1.pdf

7.2 Litteratur

- [1] NS EN 1090-2:2008+A1:2011
Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner – Del 2: Tekniske krav til stålkonstruksjoner, første utgåve.
Standard Norge
- [2] NS-EN 14399:2005 Høyfaste skrueforbindelser for forspenning til konstruksjonsformål del 1 til del 6, første utgåve
Standard Norge
- [3] Sertifisering og CE-merking av lastbærende komponenter av stål ihht NS-EN 1090-1
Norsk Stålforbund, 2011
Oppsøkt [05.06.12]. Tilgjengeleg på
http://www.stalforbund.com/ce_merking/ce_merking_av_byggevarer.htm
- [4] Pressemelding 8. februar 2012
Norsk Stålforbund
Oppsøkt [05.06.12]. Tilgjengeleg på
http://www.stalguiden.com/CE_merkingsdato_forlenget.htm
- [5] Mailkorrespondanse
Wolfgang Monzert
Area Sales Manager, Teccis
w.monzert@teccis.de
- [6] Kvalvåg, Renathe (2012), *Boltetrekking I testbenk*. Bacheloroppgåve ved Universitetet i Stavanger



ROSENBERG



Vedlegg A: Testprosedyre [6]

Boltetrekking; revisjon 3:

Tidsplan:

Uke 13: HR bolter. Test for fastsettelse av k-faktor på bolter med og uten smøremiddel.

Dato:	Bolt:	Tid:	Momentmåler:	Trykkmåler:	Kommentar:
23.04.2012	M30	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel
23.04.2012	M12	12.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk uten smøremiddel
24.04.2012	M24	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel
24.04.2012	M16	12.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk uten smøremiddel
25.04.2012	M20	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel

25.04.2012	M30	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote
26.04.2012	M12	08.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk boltar med Molykote
26.04.2012	M24	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote
27.04.2012	M16	08.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk boltar med Molykote
27.04.2012	M24	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote

Uke 15: HR bolter. Test for å sikre at ønsket forspenning blir oppnådd med valgt trekkemetode.

Dato:	Bolt:	Tid:	Momentmåler:	Trykkmåler:	Kommentar:
30.04.2012	M30	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel
30.04.2012	M12	12.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk uten smøremiddel
01.05.2012	M24	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel
01.05.2012	M16	12.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk uten smøremiddel
02.05.2012	M20	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk uten smøremiddel

02.05.2012	M30	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote
------------	-----	-------	----------------	------------------	---------------------------

03.05.2012	M12	08.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk boltar med Molykote
03.05.2012	M24	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote
04.05.2012	M16	08.00	Liten: TRS, 250N	Liten: Rft 160 kN	5 stk boltar med Molykote
04.05.2012	M24	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	5 stk boltar med Molykote

Uke 16: Eventuelle ekstra tester med HV bolter, 8.8 bolt vs HR/HV, lengde på bolt.

Dato:	Bolt:	Tid:	Momentmåler:	Trykkmåler:	Kommentar:
07.05.2012	M30	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	Gammel 8.8 bolt
07.05.2012	M24	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	Gammel 8.8 bolt
08.05.2012	M20	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	Gammel 8.8 bolt
08.05.2012	M30	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	HV bolt
09.05.2012	M24	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	HV bolt

09.05.2012	M20	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	HV bolt
10.05.2012	M24	08.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	Lang bolt; 140 mm/ evnt. Uten underlagsskiver.
10.05.2012	M20	12.00	Stor: TRX, 2kN	Stor: Rft 500 kN	Lang bolt; 110 mm/ evnt. Uten underlagsskiver.
11.05.2012	Ikkje spesifisert.				
11.05.2012	Ikkje spesifisert.				

Testprosedyrer:

Testen blir utført for Bergen Group Rosenberg, for å fastslå friksjonsfaktorer, og å verifisere at ønsket forspenning i boltede forbindelser oppnås på en sikker måte. Testen blir utført i henhold til EN 14399-2 og NS EN 1090.2.

Testprosedyre, første testuke:

Første testuke innebærer testing etter EN 14399-2 for å fastsette friskjonsfaktoren for bolter både i levert tilstand, og med smøremiddel molykote. Regler og plan for utførelse følger:

1. Temperaturen ved testing skal ligge på mellom 10 og 35 grader.
2. Tiltrekkingen gjennomføres ved kontinuerlig trekking av bolt, og testresultat blir målt under hele tiltrekkingen
3. Rotasjonshastigheten ved testing skal ligge mellom 1 - 10 rpm.
4. Mutter og underlagsskiver skal ikke rotere under testing. Dersom de roterer, må dette registreres, og ny test utføres.
5. Testen avsluttes når ett av følgende kriterier er oppfylt;
 - Mutterens rotasjonsvinkel overstiger: $(\theta_{pi} + \Delta\theta_{2min})$
 - Kraften i boltene synker til: F_p
 - Boltene går til brudd.
6. For hvert skruesett skal følgende kurver bestemmes:
 - Sammenhengen mellom kraft i bolt og rotasjon.
 - Sammenhengen mellom kraft i bolt og moment.
7. Det skal testes fem skruer av hver dimensjon per sett. For dimensjoner M20, M24 og M30 brukes momentmåler TRX, og trykkmåler med kapasitet 500kN. For dimensjoner M12 og M16 brukes momentmåler TRS og trykkmåler med kapasitet 160kN.

Hvert testsett består av

- Bolt
- Mutter
- Avfaset underlagsskive under boltehode
- Vanlig underlagsskive under mutter
- Avstandsplate av stål mellom trykksensor og avfaset underlagsskive
- Trykksensor
- Momentsensor

M24 og M30 skal trekkes med hydraulisk trekkeutstyr fra Hytorc, mens M20, M16 og M12 trekkes for hånd med momentnøkkel. Dette for å etterligne Rosenberg sine trekkemetoder mest mulig innenfor rammene av testen.

Vi bruker to testbenker under hele testgjennomføringen, og kan dermed la siste bolt av hver dimensjon som blir testet stå over natten (ca 20 timer), for å undersøke om forspenninga reduseres over tid på grunn av setninger.

I beskrivelse av testgjennomføring i standard EN 14399-2 skal trekking gjennomføres ved rotasjon av mutter, mens annex A åpner for å stramme på boltehode i stedet for mutter. Vi har valgt sistnevnte metode for denne testen for å slippe problemer med boltelengder.

Testen avsluttes med en testrapport som skal inneholde fastsettelse av k-faktor for systemene.

Testprosedyre, andre testuke:

Andre testuke innebærer testing etter NS-EN 1090-2, tillegg H for å verifisere at Rosenberg sine trekkemetoder oppnår ønsket forspenning i boltesettet. Prøvingen skal testes som under byggeplassforhold. Regler og plan for utførelse følger:

1. Tiltrekkingen gjennomføres ved bruk av kombinert metode, der k-faktor fra første test skal brukes for utregning av første tiltrekkingsmoment.
2. Mutter og underlagsskiver skal ikke rotere under testing. Dersom de roterer, må dette registreres, og ny test utføres.
3. Testen avsluttes når nødvendig siste rotasjon fra tabell 21 i NS-EN 1090-2 er utført
4. For hvert skruesett skal det sjekkes at testresultatene ligger innenfor kriteriet i tabell H1 i NS-EN 1090-2. Resultatene sjekkes også opp mot beregnet ønsket forspenning.
5. Det skal testes fem skruer av hver dimensjon per sett. For dimensjoner M20, M24 og M30 brukes momentmåler TRX, og trykkmåler med kapasitet 500kN. For dimensjoner M12 og M16 brukes momentmåler TRS og trykkmåler med kapasitet 160kN.

Hvert testsett består av

- Bolt
- Mutter
- Avfaset underlagsskive under boltehode
- Vanlig underlagsskive under mutter
- Avstandsplate av stål mellom trykksensor og avfaset underlagsskive
- Trykksensor
- Momentsensor

M24 og M30 skal trekkes med hydraulisk trekkeutstyr fra Hytorc, mens M20, M16 og M12 trekkes for hånd med momentnøkkel. Kombinert metode utføres som følger:

- Boltene trekkes først til med en momentverdi på ca $0.75 \cdot M_{T,i}$, der $M_{T,i} = k_m \cdot d \cdot F_{p,C}$.
- Deretter skal bolten roteres med en angitt tilleggsrotasjon som angitt i tabell 21 i NS-EN 1090-2.

Vi bruker to testbenker under hele testgjennomføringen, og kan dermed la siste bolt av hver dimensjon som blir testet stå over natten (ca 20 timer), for å undersøke om forspenningen reduseres over tid på grunn av setninger.

Testen avsluttes med en testrapport med evaluering av resultat.

Begge testene evalueres deretter opp mot hverandre for å se om valgt trekkemetode oppnår ønsket forspenning i boltene.

Testprosedyre, tredje testuke:

Målet med den tredje testuken er å undersøke om det blir forskjeller i testresultat ved å endre visse parametre i testingen. Vi skal teste bolter av system HV, bolter Rosenberg brukte til forspente forbindelser før ny standard ble gitt ut, ulik lengde på bolter og muligens andre problemstillinger som oppstår underveis. Testing skal utføres på samme måte som i prosedyren for testuke en.



ROSENBERG



Vedlegg B: Produktdatablad

Il trasmettitore TA2USB rende semplice ed economico il collegamento diretto di **celle di carico, dinamometri, torsimetri trasduttori di pressione, trasduttori di spostamento, potenziometri e PT100**, con il PC.
Ha risoluzione massima di ± 50.000 divisioni e trasmette i dati direttamente su linea USB 2.0.

E' uno strumento completo ma estremamente semplice in quanto si auto-alimenta direttamente dalla linea USB ed è ideale come unità di acquisizione veloce e preciso con software di gestione su PC.

Internamente il trasmettitore è controllato da un microcontrollore che elabora i segnali analogici attraverso 2 convertitori analogici digitali a 24bit (uno per ogni canale) ad una frequenza variabile da 5Hz a 4800Hz.

Il trasmettitore trasmette continuamente il valore in divisioni secondo un protocollo altamente ottimizzato e facile da implementare e che permette di avere in real-time tutte le acquisizioni effettuate internamente al trasmettitore.



USB 2.0



Tramite il software in dotazione è possibile effettuare la configurazione dei parametri del trasmettitore tra cui:

- Il Filtro Digitale.
- Velocità di Conversione
- Modo di funzionamento: Standard / Picco.
- Zero

Le versioni disponibili sono:

- Ingresso per celle di carico, dinamometri e torsimetri. (standard).
- Ingresso per trasduttori con uscita in tensione (+/-10V). (opzione).
- Ingresso per trasduttori con uscita in corrente (4-20mA)(opzione).
- Ingresso per PT100 per misure di temperatura.
- Ingresso in frequenza per la misura della velocità di rotazione di torsimetri.

E' possibile avere il trasmettitore nella versione a 4 canali (opzione) in cui 2 canali sono di tipo strain gauge e gli altri 2 configurabili nella versione per ingresso in tensione, in temperatura o in corrente. In questa configurazione le velocità di acquisizione risultano ridotte mantenendo inalterate le accuratèzze.

Il collegamento verso i trasduttori è realizzato attraverso un connettore standard a vaschetta SUB-D 9 poli femmina.

The transmitter TA2USB makes simple and economical the transmission of data coming from up to 2 load cells, transducers or potentiometers to a PC. TA2USB has a maximum resolution of +/-50.000 divisions and transmits the data directly on-line USB 2.0.

It is a very simple but complete instrument as it is self powered directly from the USB line and is ideal as acquisition system connected to a PC.

The transmitter is controlled by a microcontroller that processes the data sampled by two 24bit ADC converters (one for each channels) at a frequency from 5 to 4800Hz.

The instrument continuously transmits the value in divisions according to a protocol highly optimized and easy to implement and allows to get in real-time all the internal acquisition data.



Through the USB line is possible to make the configuration of the transmitter parameters including:

- The Digital Filter
- Conversion Speed
- Operating mode: Standard / Peak.
- Zero.

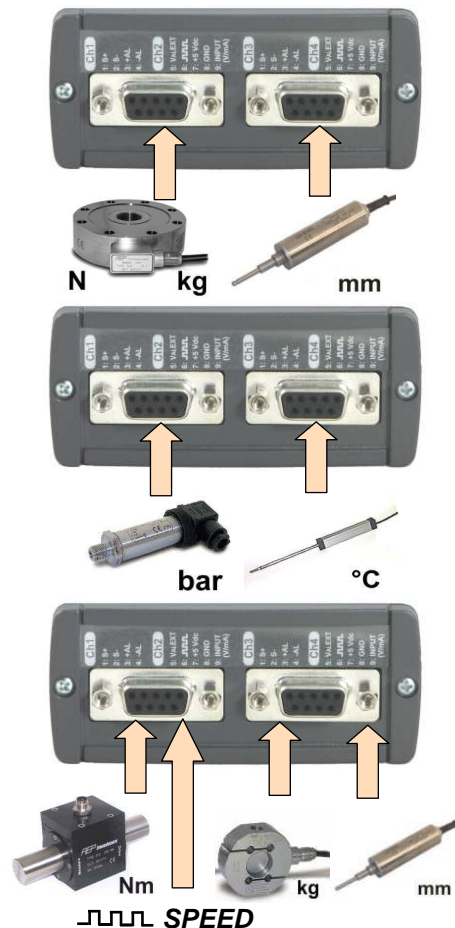
Available versions are:

- Input for load cells and dynamometers (standard)
- Input for transducers with voltage output (+/-10V). (option)
- Input for transducers with current output (4-20mA) (option)
- Input for PT100 for temperature measuring
- Frequency input for the measure of torsionmeter rotational speed

It is possible to have the instrument in a 4 channel version (option). In this case 2 channel are of strain gauge type while the other two can be selected as voltage, temperature or current input. In this version the acquisition time is reduced but the accuracy is the same.

The connection to transducers is achieved through a standard SUB-D 9-pin female connector.

Applicazioni / Applications



Dati Tecnici
Technical Data


ALIMENTAZIONE	POWER SUPPLY	Auto Alimentato da USB Self Powered from USB
ACCURATEZZA ERRORE DI LINEARITA'	ACCURACY LINEARITY ERROR	$\leq \pm 0.01\%$ $\leq \pm 0.01\%$
INGRESSO (Estensimetrico ponte intero) SEGNALE D'INGRESSO STANDARD RISOLUZIONE STANDARD (2mV/V) CONVERSIONI AL SEC. CELLE DI CARICO COLLEGABILI ALIMENTAZIONE PONTE SISTEMA DI COLLEGAMENTO	INPUT (Strain gauge full bridge) STANDARD INPUT SIGNAL STANDARD RESOLUTION (2mV/V) READING PER SEC. CONNECTABLE LOAD CELLS BRIDGE EXCITATION VOLTAGE CONNECTION SYSTEM	Ch1 and Ch3 2 mV/V ± 50.000 div. Max 4800 (~0.2ms) 4 (350 Ω) or 8 (700 Ω) 5V _{DC} $\pm 4\%$ 4 fili / 4 wires
USCITA VELOCITA' DI TRASMISSIONE RISOLUZIONE INTERNA DISTANZA MASSIMA (TA-USB e PC)	OUTPUT TRANSMISSION SPEED INTERNAL RESOLUTION MAX. DISTANCE (TA-USB and PC)	USB 2.0 Max 4800 valori / sec 24bit 3m
TEMPERATURA DI LAVORO NOMINALE TEMPERATURA DI LAVORO MASSIMA TEMPERATURA DI STOCCAGGIO EFFETTO DELLA TEMPERATURA (10°C): a) sullo zero b) sul fondo scala	NOMINAL WORKING TEMPERATURE MAX WORKING TEMPERATURE STORAGE TEMPERATURE TEMPERATURE EFFECT (10°C): a) on zero b) on full scale	0.. +50°C 0.. +70°C -20.. +85°C $\leq \pm 0.01\%$ $\leq \pm 0.01\%$
FUNZIONE DI ZERO FILTRO DIGITALE (programmabile)	ZERO FUNCTION DIGITAL FILTER (programmable)	100% Media mobile (moving average) Positive and Negative
FUNZIONE DI PICCO	PEAK FUNCTION	
GRADO DI PROTEZIONE (EN 60529) CONTENITORE DIMENSIONI (HxLxP) PESO	PROTECTION CLASS (EN 60529) CASE DIMENSIONS (HxLxW) WEIGHT	IP20 ABS 36x86x100 mm ~ 0.1kg

Opzioni
Options

Ingresso: TRASDUTTORI AMPLIFICATI IN TENSIONE SEGNALE D'INGRESSO RISOLUZIONE Ingresso Potenziometro: • RESISTENZA • ALIMENTAZIONE	Input: VOLTAGE AMPLIFIED TRANSDUCERS INPUT SIGNAL RESOLUTION Potentiometer Input • RESISTANCE • POWER SUPPLY	Ch2 and Ch4 $\pm 10V$ ± 10.000 div. Min. 1K Ω 5V
Ingresso: TRASDUTTORI AMPLIFICATI IN CORRENTE SEGNALE D'INGRESSO RISOLUZIONE	Input: CURRENT AMPLIFIED TRANSDUCERS INPUT SIGNAL RESOLUTION	Ch2 and Ch4 4-20mA 20.000 div.
Ingresso: TEMPERATURA TIPO RANGE RISOLUZIONE	Input: TEMPERATURE TYPE RANGE RESOLUTION	Ch2 and Ch4 PT100 0..200°C 0.1 °C
Ingresso: Velocità di rotazione TIPO: TTL o Open Collector	Input: Rotational Speed TYPE: TTL or Open Collector	Ch2 and Ch4 0-5 V

Codici di Acquisto
Purchase Codes

Codice (Code)	INGRESSI	INPUT
TA2USB-20	2 canali strain gauge 2mVV (Ch1 – Ch3)	2 strain gauge channels 2mVV (Ch1 – Ch3)
TA2USB-2V	2 canali ingresso in tensione +/-10V (Ch2-Ch4)	2 voltage input +/-10V channels (Ch2-Ch4)
TA2USB-2C	2 canali ingresso in corrente 4-20mA (Ch2-Ch4)	2 current input 4-20mA channels (Ch2-Ch4)
TA2USB-2T	2 canali ingresso in temperatura (PT100) (Ch2-Ch4)	2 Temperature input (PT100) channels (Ch2-Ch4)
TA2USB-4V	4 canali : 2 canali strain gauge 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 canali in tensione +/-10V (Ch2-Ch4)	4 input channels : 2 strain gauge channels 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 voltage input +/-10V channels (Ch2-Ch4)
TA2USB-4C	4 canali : 2 canali strain gauge 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 canali in corrente 4-20mA (Ch2-Ch4)	4 input channels : 2 strain gauge channels 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 current input 4-20mA channels (Ch2-Ch4)
TA2USB-4T	4 canali : 2 canali strain gauge 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 canali in temperatura (Ch2-Ch4)	4 input channels : 2 strain gauge channels 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 temperature input PT100 (Ch2-Ch4)
TA2USB-4S	4 canali : 2 canali strain gauge 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 canali per velocità di rotazione (Ch2-Ch4)	4 input channels : 2 strain gauge channels 2mVV (Ch1 – Ch3) 2 rotational speed input (Ch2-Ch4)

Codice: **TCAVOUSB** Cavo USB 3m
Code: USB cable 3m

Codice: **TALDMM** Alimentatore esterno 24Vdc (necessario per alimentare trasduttori AMPLIFICATI)
Code: External power supply 24Vdc (necessary in case of amplified transducers)

Accessori Accessories



WinTA2USB : programma per il collegamento dello strumento al PC completo di **DATA LOGGER**, creazione di grafici ed esportazione delle misure su file **EXCEL**.

WinTA2USB : software for the connection of the instrument to a PC complete with **DATA LOGGER**, graphs and export of the measured values to an **EXCEL** file.

Una sezione del programma permette di adattare le misure acquisite dal TA2USB in unità ingegneristiche semplicemente inserendo i dati caratteristici del trasduttore collegato

A section of the program allows you to convert the measures acquired by TA2USB in engineering units simply by entering the data characteristic of the transducer connected

- Fondo Scala dello strumento
- mV/V (nel caso in cui sia collegato uno strumento a Strain Gauge)
- Unità di misura desiderata
- Numero di cifre significative

- Instrument Full Scale
- mV/V (in case of Strain Gauge Instrument)
- Engineering unit of measure desired
- Decimal Point Position

WinTA2USB permette la memorizzazione su un file (in formato ASCII o Microsoft Excel) di una prova. Nel file viene memorizzata la coppia Misura/Tempo permettendo quindi di ricostruire successivamente la curva della prova. Per la esportazione in Microsoft Excel è necessario avere installato sul PC Excel

WinTA2USB allows storage to a file (in ASCII format or Microsoft Excel) for a test. Raw data is the pair measure / time allowing to reconstruct the curve after the test. To export in Microsoft Excel is required to have Excel installed on the PC

Alcuni semplici comandi permettono di eseguire le funzioni principali su un trasduttore

Some simple commands allow you to perform main functions on a transducer

- Funzione di Zero
- Funzione di Picco (sia positivo che negativo)
- Funzione di Filtro del segnale
- Velocità di conversione

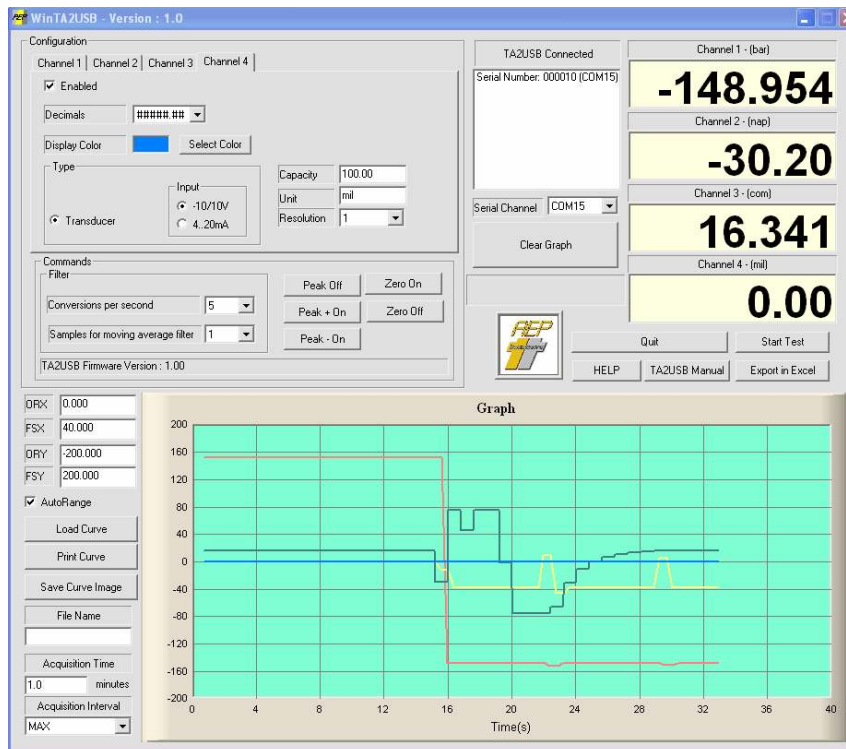
- Zero
- Peak Mode (both positive and negative)
- Filter
- Conversion Speed

La massima velocità di trasmissione di un pacchetto di dati è 4800Hz.

The maximum transmission speed for a complete data packet is 4800Hz

Si può accedere alla documentazione relativa al protocollo di comunicazione direttamente attraverso il tasto Help

You can access to the communication protocol information by clicking on the Help Button.



AEP transducers



Dasa-Rägister
EN ISO 9001:2008
IQ-1100-01



LAT N° 093
Calibration Centre
The products are NOT covered by accreditation



Production Quality Assurance Certified n°
TÜV 06 ATEX 553793 Q

41126 Cognento (MODENA) Italy Via Bottego 33/A Tel:+39-(0)59-346441 Fax:+39-(0)59-346437 E-mail: aep@aep.it

Al fine di migliorare le prestazioni tecniche del prodotto, la società si riserva di apportare variazioni senza preavviso.
In order to improve the technical performances of the product, the company reserves the right to make any change without notice.

Norma di riferimento
EA-10/14
Reference standard

Download on www.aep.it
CE RoHS

SOLLECITAZIONI DINAMICHE
DYNAMIC STRESSES

Interamente saldata
al LASER
Completely LASER
welded

IP67



ORARIO
ANTIORARIO
CLOCKWISE
ANTI-CLOCKWISE

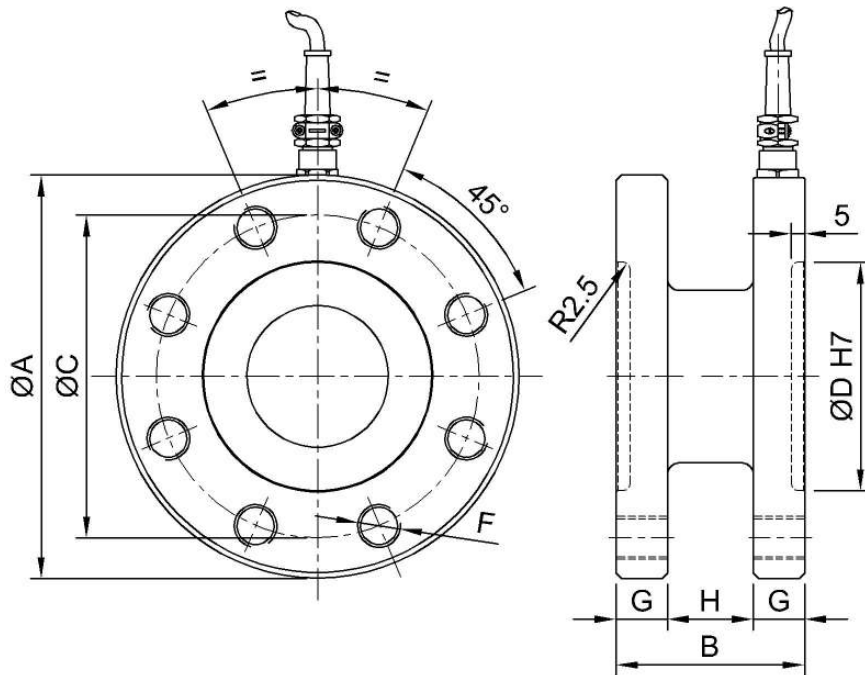
ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAT N° 093
Calibration Centre
The products are NOT
covered by accreditation

Certificato di Taratura ACCREDIA
A RICHIESTA
ACCREDIA Calibration Certificate
ON REQUEST

Alta Affidabilità
High Reliability

Stabilità a
lungo termine
Long term
high stability

Dimensioni *Dimensions* [mm]



CODE (Class 0,05)	CODE (Class 0,1)	TORQUE	A	B	C	D	F	G	H
MTRX100NM005	MTRX100NM01	100 N·m	127	70	100	75	M12	20	30
MTRX200NM005	MTRX200NM01	200 N·m							
MTRX500NM005	MTRX500NM01	500 N·m							
MTRX1KNM005	MTRX1KNM01	1 kN·m							
MTRX2KNM005	MTRX2KNM01	2 kN·m							
MTRX3KNM005	MTRX3KNM01	3 kN·m	150	70	120	85	M16	19	32
MTRX5KNM005	MTRX5KNM01	5 kN·m							

Dati Tecnici

Technical Data



Classe di precisione: EA-10/14		Accuracy class: EA-10/14		0,05	0,1
COPPIA NOMINALE STATICA		STATIC NOMINAL TORQUE		100 - 200 - 500 N·m 1 - 2 - 3 - 5 kN·m	
ERRORI RELATIVI (al valore letto) a) ripetibilità 0°-120°-240° (b) b) interpolazione (fa) c) isteresi (h) d) zero (fo)		RELATIVE ERROR (at reading) a) repeatability 0°-120°-240° (b) b) interpolation (fa) c) hysteresis (h) d) zero (fo)		≤ ±0.050% ⁽¹⁾ ≤ ±0.025% ⁽¹⁾ ≤ ±0.063% ⁽¹⁾ ≤ ±0.012% F.S.	≤ ±0.100% ⁽¹⁾ ≤ ±0.050% ⁽¹⁾ ≤ ±0.125% ⁽¹⁾ ≤ ±0.025% F.S.
LINEARITA' ISTERESI		LINEARITY HYSTERESIS		≤ ±0.03% F.S. ≤ ±0.03% F.S.	
EFFETTO DELLA TEMPERATURA (10°C) a) sullo zero b) sulla sensibilità		TEMPERATURE EFFECT (10°C) a) on zero b) on sensitivity		≤ ±0.020% F.S. ≤ ±0.010% F.S.	
SENSIBILITA' NOMINALE TOLLERANZA DI CALIBRAZIONE		NOMINAL SENSITIVITY SENSIVITY TOLERANCE		1 mV/V ≤ ±0.1% F.S.	
RESISTENZA DI INGRESSO		INPUT RESISTANCE		700±2Ω	
RESISTENZA DI USCITA		OUTPUT RESISTANCE		705±2Ω	
RESISTENZA DI ISOLAMENTO		INSULATION RESISTANCE		> 5 GΩ	
BILANCIAMENTO DI ZERO		ZERO BALANCE		≤ ±0.5 % F.S.	
ALIMENTAZIONE DI RIFERIMENTO		RECOMMENDED SUPPLY VOLTAGE		10 V	
ALIMENTAZIONE NOMINALE		NOMINAL SUPPLY VOLTAGE RANGE		1-15 V	
ALIMENTAZIONE MAX.		MAXIMUM SUPPLY VOLTAGE		18 V	
VALORI MECCANICI LIMITE: a) carico di servizio b) carico limite c) carico di rottura d) massimo carico trasversale e) carico dinamico limite		MECHANICAL LIMIT VALUES : a) service load b) max permissible load c) breaking load d) max transverse load e) max permissible dynamic load		120% F.S. 150% F.S. >300% F.S. 50% F.S. 75% F.S.	
TEMPERATURA DI RIFERIMENTO		REFERENCE TEMPERATURE		+23°C	
CAMPO NOMINALE DI TEMPERATURA		TEMPERATURE NOMINAL RANGE		0/+60 °C	
TEMPERATURA DI ESERCIZIO		SERVICE TEMPERATURE RANGE		-10/+70 °C	
TEMPERATURA DI STOCCAGGIO		STORAGE TEMPERATURE RANGE		-20/+80 °C	
CLASSE DI PROTEZIONE (EN 60529)		PROTECTION CLASS (EN 60529)		IP67	
MATERIALE DINAMOMETRO		EXECUTION MATERIAL		Acciaio Inox / Stainless Steel	
LUNGHEZZA CAVO		CABLE LENGTH		5m	
COPPIA NOMINALE		NOMINAL TORQUE		from 100 N·m to 2 kN·m	3 - 5 kN·m
PESO		WEIGHT		~ 3.5 kg	~ 4.5 kg
VITI DI FISSAGGIO: a) diametro b) classe di resistenza c) coppia di serraggio		FIXING SCREWS a) diameter b) resistance class c) tightening torque		M12 12.9 140 N·m	M16 12.9 368 N·m

⁽¹⁾ Errori percentuali calcolati al valore letto, min. 1/10 del carico nominale / Percentual errors referred to reading, min. 1/10 of the nominal load.

COPPIA NOMINALE	NOMINAL TORQUE	100 N·m	200 N·m	500 N·m	1 kN·m	2 kN·m	3 kN·m	5 kN·m
Carico assiale limite	Max axial permissible load	19 kN	31 kN	56 kN	83 kN	124 kN	124 kN	124 kN
Carico laterale limite	Max lateral permissible load	2 kN	4 kN	8 kN	15 kN	20 kN	20 kN	20 kN

Collegamenti Elettrici Electrical Connections

Cavo schermato PVC 80°C, Ø 5.2mm a 6 conduttori Ø0.25mm² stagnati.
PVC 80°C shielded cable, Ø 5.2mm with 6 tinned Ø 0.25mm² conductors.

TRANSDUCERS	OUTPUT	CABLE	CAVO	MIL7M (optional)
	EXCITATION+	Red	Rosso	C
	SENSE+	Orange	Arancione	F
	OUTPUT+	White	Bianco	A
	EXCITATION -	Black	Nero	B
	SENSE-	Blue	Blu	G
	OUTPUT-	Yellow	Giallo	D
	-----	Shield*	Schermo*	E

* Collegato al corpo del torsiometro. / Connected to the body of the torque transducer.

AEP transducers

Dasa-Rägister
EN ISO 9001:2008
IQ-1100-01

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAT N° 093
Calibration Centre
The products are NOT covered by accreditation

ATEX Ex
Production Quality Assurance Certified n°
TÜV 06 ATEX 553793 Q

41126 Cognento (MODENA) Italy Via Bottego 33/A Tel:+39-(0)59-346441 Fax:+39-(0)59-346437 E-mail: aep@aep.it

Al fine di migliorare le prestazioni tecniche del prodotto, la società si riserva di apportare variazioni senza preavviso.
In order to improve the technical performances of the product, the company reserves the right to make any change without notice.

Linearità - Isteresi
 $\leq \pm 0.20\%$
Linearity - Hysteresis

Download on www.aep.it



SOLLECITAZIONI DINAMICHE
DYNAMIC STRESSES

€ LOW COST

Alta Affidabilità



Stabilità a lungo termine
Long term high stability

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

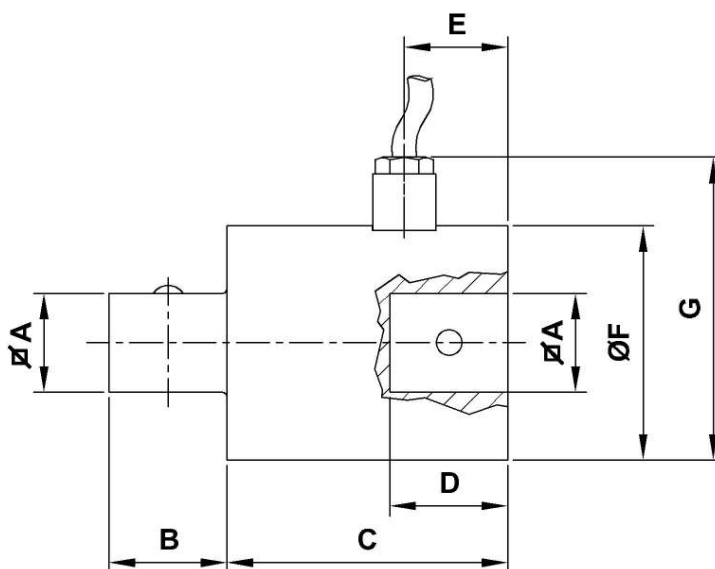
LAT N° 093
Calibration Centre
The products are NOT covered by accreditation

Certificato di Taratura ACCREDIA
A RICHIESTA

ACCREDIA Calibration Certificate
ON REQUEST

Dimensioni *Dimensions*

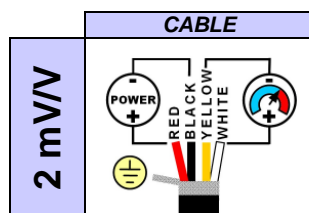
[mm]



CODE	LOAD	A	B	C	D	E	F	G
MTRS05NM	0.5 Nm	1/4"	7.5	44	8	10	45	59
MTRS2.5NM	2.5 Nm	1/4"	7.5	44	8	10	45	59
MTRS5NM	5 Nm	1/4"	7.5	44	8	10	45	59
MTRS10NM	10 Nm	1/4"	7.5	44	8	10	45	59
MTRS25NM	25 Nm	3/8"	10.5	44	11	10	45	59
MTRS50NM	50 Nm	3/8"	10.5	44	11	10	45	59
MTRS100NM	100 Nm	1/2"	15.0	44	16	10	45	59
MTRS250NM	250 Nm	1/2"	15.0	44	16	10	45	59
MTRS500NM	500 Nm	3/4"	22.5	53.5	24	19.5	51	65
MTRS1KNM	1000 Nm	3/4"	22.5	53.5	24	19.5	51	65

Dati Tecnici
Technical Data


TORSIONE NOMINALE STATICA	STATIC NOMINAL TORQUE	0.5 – 2.5 Nm 5 - 10 Nm 25 Nm	50 – 100 Nm 250 – 500 Nm 1000 Nm
LINEARITA' e ISTERESI	LINEARITY and HYSTERESIS	≤ ± 0.2 %	
EFFETTO DELLA TEMPERATURA (1°C): a) sullo zero b) sulla sensibilità	TEMPERATURE EFFECT (1°C): a) on zero b) on sensitivity	≤ ± 0.02% ≤ ± 0.02%	
SENSIBILITA' NOMINALE TOLLERANZA DI CALIBRAZIONE	NOMINAL SENSITIVITY SENSIVITY TOLERANCE	1 mV/V ≤ ± 0.5%	2mV/V ≤ ± 0.5%
TORSIONE NOMINALE Resistenza di ingresso Resistenza di uscita	NOMINAL TORQUE Input resistance Output resistance	0.5-2.5-5-10 Nm 400 ± 50Ω 350 ± 2Ω	
TORSIONE NOMINALE Resistenza di ingresso Resistenza di uscita	NOMINAL TORQUE Input resistance Output resistance	25-50-100-250-500-1000 Nm 825 ± 50Ω 700 ± 2Ω	
ALIMENTAZIONE NOMINALE ALIMENTAZIONE MAX. RESISTENZA DI ISOLAMENTO BILANCIAMENTO DI ZERO	NOMINAL POWER SUPPLY MAX. POWER SUPPLY INSULATION RESISTANCE ZERO BALANCE	1-15V 18V >2 GΩ ≤ ± 1%	
VALORI MECCANICI LIMITE RIFERITI ALLA TORSIONE NOMINALE : a) torsione di servizio b) torsione limite c) torsione di rottura d) torsione altamente dinamica	LIMIT MECHANICAL VALUES REFERRED TO NOMINAL TORQUE : a) service torque b) max. permissible torque c) breaking torque d) highly dynamic torque	100% 150% >300% 70%	
TEMPERATURA DI RIFERIMENTO TEMPERATURA DI ESERCIZIO TEMPERATURA DI STOCCAGGIO	REFERENCE TEMPERATURE WORKING TEMPERATURE RANGE STORAGE TEMPERATURE RANGE	+23°C -10/+70°C -20/+80°C	
CLASSE DI PROTEZIONE (EN 60529) MATERIALE PARTE SENSORE CONNESSIONE ELETTRICA	PROTECTION CLASS (EN 60529) SENSOR EXECUTION MATERIAL ELECTRICAL CONNECTION	IP40 INOX 17-4 PH Cavo / Cable 5m	
ATTACCO DI PROCESSO (UNI ISO 1174-1): 0.5 - 2.5 - 5 - 10 Nm 25 - 50 Nm 100 - 250 Nm 500 - 1000 Nm	PROCESS COUPLING (UNI ISO 1174-1): 0.5 - 2.5 - 5 - 10 Nm 25 - 50 Nm 100 - 250 Nm 500 - 1000 Nm	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1/4" ■ 3/8" ■ 1/2" ■ 3/4" 	

Collegamenti Elettrici *Electrical Connections*


Cavo schermato PVC 105°C, Ø5.2mm a 4 conduttori Ø0.35mm² stagnati. Schermo collegato al corpo della cella di carico.
PVC 105°C shielded cable, Ø5.2mm with 4 tinned Ø0.35mm² conductors. Shield connected to the body of the load cell.

AEP transducers



Dasa-Rägister
EN ISO 9001:2008
IQ-1100-01



LAT N° 093
Calibration Centre
The products are NOT
covered by accreditation

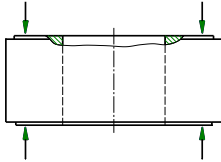


Production Quality Assurance Certified n°
TÜV 06 ATEX 553793 Q

41126 Cognento (MODENA) Italy Via Bottego 33/A Tel:+39-(0)59-346441 Fax:+39-(0)59-346437 E-mail: aep@aep.it

Al fine di migliorare le prestazioni tecniche del prodotto, la società si riserva di apportare variazioni senza preavviso.
In order to improve the technical performances of the product, the company reserves the right to make any change without notice.

Ring force transducer for bold forces



Description

These load cells are specially designed with small external dimensions. As a result of their compactness, these load cells can be used in a wide variety of industrial and laboratory applications. Their compact dimensions make them particularly suitable for service in extremely constricted structures where prestress and compression forces are to be measured.

These load cells are designed to measure compression and prestress forces in ranges from 0...15 kN to 0...500 kN.

They are suitable for numerous applications, where simple installation with a wide contact surface are of evident importance.

The load cells can be installed easily due to their simple force introduction.

The force introduction has to be upright to the force transducers' axis.

Note

In order to avoid overloading, it is advantageous to connect the load cell electrically during installation and to monitor the measured value.

The force to be measured must be applied concentrically and free of transverse force.

The load cells are to be mounted on a plain surface.

Features

- for compression and prestress
- force measurements
- simple force introduction
- measuring washer
- adapter disk
- compact and small dimensions
- simple installation
- very low installation height
- protection class IP 65
- accuracy 1% or 3% of full scale value

Measuring ranges

- 15 kN ... 500 kN

Applications

- Measuring of pretensioning forces
- Plant engineering
- Screw and pin assembly
- Cutting tools
- Measurement and inspection equipment
- Test setups

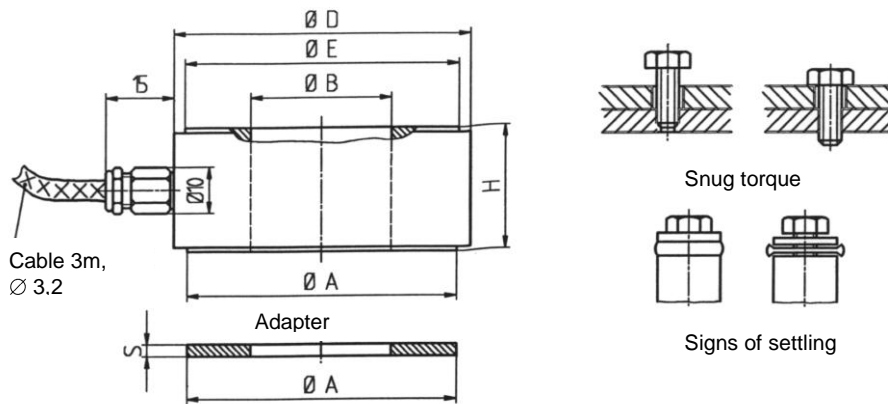
Model: F6210

Technical data

Model	F6210
Nominal load F_{nom} in kN	15, 30, 60, 80, 120, 160, 350, 500
Diameter of thread	M6, M8, M10, M12, M16, M20, M24, M30
Accuracy class with compression force measurement	1% of F.S.
Accuracy class with pretensioning force measuring	3% of F.S.
Limit load	150% F_{nom}
Ultimate load	> 300% F_{nom}
Combined error	$\pm 0.1\%$ of F.S. with compression force measurement in pretensioning force measuring 3%
Max. dynamic load	$\pm 70\%$ F_{nom} acc. to DIN 50100
Creep, 30 min. at F_{nom}	$\leq \pm 0.1\%$ of F.S.
Nominal deflection	<0.1 mm
Nominal temperature range	5 ... +55°C
Service temperature range	-20 ... +70°C
Storage temperature range	-30 ... +80°C
Reference temperature	23°C
Temperature influence -span -zero	$\leq \pm 0.3\%$ of F.S. / 10K $\leq \pm 0.3\%$ of F.S. / 10K
Protection type (acc. to EN 60529/IEC 529)	IP 65
Analogue output - Output signal - Bridge resistance - Option - Excitation voltage - Electrical connection	0.8 ... 1.2 mV/V 350 Ω Cable integrated amplifier 0 (4) ... 20 mA, 0 ... 10 V DC 2 ... 8 V (max. 8 V) 12 ... 28 V DC for cable integrated amplifier Cable 3 m
Material of measuring device	Stainless steel
Weight (kN) - 15 - 30 - 60 - 80 - 120 - 160 - 350 - 500	0,05 kg 0,06 kg 0,07 kg 0,08 kg 0,1 kg 0,12 kg 0,5 kg

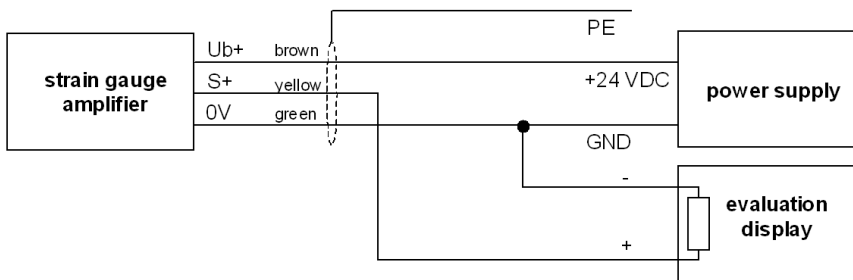
of F.S. = full scale value

Dimensions



Nominal load [kN]	Dimensions in [mm]						
	for screws	$\varnothing A$	$\varnothing B$	$\varnothing D$	$\varnothing E$	H	S
15	M 6	10.5	6.3	18	11	12	2
30	M 8	15	8.3	22	16	12	2
60	M 10	17	10.3	24	17.8	12	2
80	M 12	22.5	12.3	28	22.5	15	2.5
120	M 16	27.6	16.3	32	28	15	2.5
160	M 20	37.5	20.3	46	38	15	3
350	M 24	47	24.5	54	48	22	3
500	M 30	59	30.8	65	60	27	3

Electr. connection	
Supply. (-)	green
Supply (+)	brown
Sign. (+)	yellow
Sign. (-)	white
Control	grey
Screen	Screen



Pin assignment for cable integrated amplifier



ROSENBERG



Vedlegg C: Eksisterande trekkeprosedyre

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???
Rev.01
Date / Dato 10.04.08
Page / Side 1 of 7

Made by
Anders Hanevik / Bjørn Roar Pettersen

Document owner approval
Morten Nilssen

PURPOSE AND SCOPE	FORMÅL OG OMFANG
	Denne prosedyrens formål er å sikre at strukturelle forbindelser/knutepunkt blir designet og gjennomført på en måte som er i henhold til god design praksis og i henhold til gjeldende standarder og utstyr.

TABLE OF CONTENTS

1. Definitions
2. Description
3. Responsibilities and Interfaces
4. References

ATTACHMENTS

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. Definisjoner
2. Beskrivelse
3. Ansvarsforhold og grensesnitt
4. Referanser

VEDLEGG

- Test gjennomført av Hytorc

Revision description / Revisjonsbeskrivelse

Vi må legge inn ein eller anna plass eit eller anna om spredning om på påført moment og spredning på kvaliteten til skruene.

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???
Rev.01
Date / Dato 10.04.08
Page / Side 2 of 7

1 - DEFINITIONS

1. DEFINISJONER

1.1 Ikke forspente skruer (**fast kontakt**)

Med ikke forspente skruer forstås alle skruer brukt i strukturelle forbindelser der det ikke er stilt krav til en klart definert forspenning i skruen.

I denne typen forbindelse kan skruen få sidebelastning som tas som skjærkraft. En bør derfor benytte delvis gjengede skruer som ikke har gjenger i den del av skruen som tar skjærkraften.

1.2 Forspente skruer

Med forspente skruer forstås skruer i strukturelle forbindelser der det er stilt krav til en klart definert forspenning i skruen. Dette er typisk skrudde friksjons forbindelser eller skrudde forbindelser med et dynamisk og skiftende kraftbilde der det stilles spesielle krav til skruene slik at de ikke skrur ut grunnet det varierende kraftbildet.

1.3 Leveringstilstand

Med leveringstilstand "vanlig" forstås det som regel lett oljet varmgalvaniserte skruer i kvalitet 8.8. Dette gir normalt en friksjonskoeffisient på $k = 0,18$ og er den tilstanden som skruer normalt levers til RV i.

NB: Dette samsvarer ikke med tidligere leveringstilstand "vanlig" som er referert i NS3464

1.4 Forspenning

Skruenes forspenning er gitt av:

$$F_p = 0,63 f_{ub} A_s$$

Der F_p er ønsket forspenningskraft

f_{ub} er skruens strekkfasthet

A_s er skruens tverrsnittsareal i gjenget del

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???
Rev.01
Date / Dato 10.04.08
Page / Side 3 of 7

1.5 Forspenningmoment

For å oppnå den ønskede forspenning i skruen, må skruene tiltrekkes til et moment gitt av:

$$M_t = k d F_p$$

Der M_t er forspenningmomentet

k friksjonskoeffisient

d er skruens diameter.

F_p er forspenningkraften

1.6 Hytorc & Molycote Rapide G+

Utstyret som vanligvis brukes på Rosenberg for momenttiltrekking av skruer er levert av Hytorc.

Det vanligst anvendte smøremiddelet er Molycote Rapide G+.

Dette utstyr og smøremiddel gir normalt en friksjonskoeffisient på $k = 0,155$ og momentene gitt i tabell 4 i NS3464 må justeres i henhold til dette for å unngå at skruene blir overbelastet inn i plastisk deformasjon eller rives av.

Med bakgrunn i dette må momentene gitt i tabell 4 i NS3464 justeres med en faktor på 0,86 for å oppnå tilstrekkelig tiltrekking av skruene.

1 - DESCRIPTION

2. BESKRIVELSE

2.1 Tiltrekking av ikke forspente skruer

Ikke forspente skruer skal trekkes til med et moment gitt etter tabell 4 – *Moment ved tiltrekking til fast kontakt i [Nm] for fasthetsklasse 8.8, kap. 8.6 i NS3464*. De oppgitte momentene i nevnte tabell må justeres i henhold til:

- Den leveringstilstanden skruene er i
- I henhold til hvilket verktøy som brukes til tiltrekkingen
- I henhold til det smøremiddelet som nyttes. For Molycote Rapide G+ må momentene reduseres med en faktor på 0,86.

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???
Rev.01
Date / Dato 10.04.08
Page / Side 4 of 7

2.2 Tiltrekking av forspente skruer

Skruenes forspenning er gitt av:

$$F_p = 0,63 f_{ub} A_s$$

For å oppnå denne forspenningen må skruene tiltrekkes med et moment gitt av:

$$M_t = k d F_p$$

Her er k friksjonskoeffisient
 d er skruens diameter.

Det må nyttes en friksjonskoeffisient som er tilpasset det aktuelle smøremiddelet. Dette må bestemmes på grunnlag av prøvning.
For Molycote Rapide G+ $k = 0,155$.

NB: Muttere av kvalitet 8.8 er ikke dimensjonert for forspenning. Slik at i tilfeller der skruer i kvalitet 8.8 skal forspennes skal en bruke muttere av kvalitet 10.9.

2.3 Valg av metode for tiltrekking av forspente skruer

NS3464 foreskriver 4 metoder for å oppnå foreskrevet moment for å oppnå foreskrevet tiltrekking av skrudde forbindelser. Dette er:

1. Momentmetode
2. Mutteromdreiningsmetode
3. Metode med direkte kraftanviser
4. Kombinert metode

Av disse metodene er det metode 1 – momentmetode som er vanligst brukt. Denne metoden innehar derimot en fare for at det trekkes til for mye grunnet usikkerhet på den reelle friksjonen som er i skrueforbindelsen. Derfor anbefales det at metode 4 – kombinert metode nyttes.

Kombinert metode punktvis oppstillt:

1. Utstyret som brukes til tiltrekkingen stilles inn til et moment som svarer til 75

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???
Rev.01
Date / Dato 10.04.08
Page / Side 5 of 7

- % av forspenningen som er påkrevd i den aktuelle skruen. Skruen til trekkes til dette momentet.
2. Mutterens relative posisjon i forhold til skruvegjengene avmerkes med en permanent merkepenn etter at tiltrekkingen under pkt. 1 er gjennomført og før endelig tiltrekking starter, slik at mutterens endelige rotasjon i forhold til skruen lett kan påvises.
 3. Den endelige tiltrekkingen startes der mutteren skal gis en avsluttende rotasjon. Veiledende verdier for denne avsluttende rotasjonen er gitt i tabell 7 i NS3464 og varierer typisk fra 60 – 120 grader tilleggsrotasjonsvinkel.

2.4 Gjenbruk av skruer

For skruer nyttet i ikke forspente forbindelser kan skruer som er hele og uskadede brukes gjentatte ganger.

For skruer som er nyttet i forspente forbindelser så skal disse bytte mellom hver tiltrekking.

2.5 Dokumentasjon

BGR deler skrudde forbindelser i 3 hovedkategorier med tilhørende krav til dokumentasjon:

- A) Ikke forspente skruer. Skruene trekkes med manuelt eller hydraulisk utstyr til ”fast kontakt” ihht tegning..... (Basistegning med momenter).

Ingen krav til dokumentasjon.

- B) Forspente skruer: Trekkes med manuelt eller hydraulisk utstyr til ”forspent” ihht tabell i tegning.....(basistegning med momenter) eller spesielt beregnede forspenninger for den aktuelle forbindelsen.

Ingen krav til dokumentasjon.

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???

Rev.01

Date / Dato 10.04.08

Page / Side 6 of 7

C) Forspente skruer som i B) – men med krav til dokumentasjon. Dokumentasjon kan være at informasjon om tiltrekking påføres tegning under utførelse – eller at annen dokumentasjon lages. For eksempel utskrift fra hydraulisk trykk underveis.

2 - RESPONSIBILITIES AND INTERFACES

3. ANSVARFORHOLD OG GRENSESNIITT

3.1 Disiplinleder struktur

Disiplinleder struktur har i prosjekt ansvar for at det innhentes tilstrekkelig informasjon om de skrudde forbindelser som skal nyttes i det aktuelle prosjektet. Dette være seg hvilken kvalitet skruene leveres i og hvilke utstyr og smøremiddel som nyttes i det aktuelle prosjektet. Brukes det andre skruetypet og annet utstyr enn beskrevet i foregående kapittel, må disiplinleder struktur foreta en gjennomgang av temaet for å oppnå et tilfredsstillende grunnlag.

3.2 Utførende beregner

Utførende beregner skal spesifisere alle forspenningskrefter med tilhørende momenter som nyttes i skrudde forbindelser der det stilles krav til en spesifisert forspenningskraft i skruen.

4 - REFERENCES

4. REFERANSER

NS3464 – Utførelse av stålkonstruksjoner

NS3472 – Prosjektering av stålkonstruksjoner

NS-EN 1993-1-8 – Design of Joints

Stålkonstruksjoner – Per Kristian Larsen – Tapir forlag – 3. opplag 1997

COL255-R – Hydraulisk momenttiltrekking av

Hydraulisk momenttiltrekking av skruer i strukturelle forbindelser.

No. / Nr: ENN???

Rev.01

Date / Dato 10.04.08

Page / Side 7 of 7

bolter i rørflenser (Hytorc)

COL256-R – Hydraulisk tiltrekking av bolter i rørflenser (Hydratight) samt momenttiltrekking

[XXXXX: BGR prosedyre for utførelse av skrudde forbindelser.](#)



ROSENBERG



Vedlegg D: Møtereferat

Minutes of Meeting		Doc No.: MOM-00001	REV. 07
Subject Fast ukemøte med studenter		Meeting no. 08	
Date 17.04.2012	Time period 09:00 - 10:00	Location Meeting Room Straen	
Made by: Anders Hanevik			
Participants Anders Hanevik Hovedveileder Bärbel Nielsen Veileder Bjørn Roar Pettersen Veileder Rune Nornes Masterstudent Renathe Kvalvåg Bachelorstudent			
Distribution Participants + Rune Røisland			

Item	Description	Resp.	Date
1.0	<p>Plan & Framdrift</p> <p>Plan for vidare arbeid utarbeidet og presentert. Legger opp til å utføre testene uke 11-13.</p> <p>28.02.12: Rune N oppdatert sin framdriftsplan. 13.03.12: Pga. sein levering av utstyr blir testingen mest sannsynlig flyttet til etter påsken. 27.03.12: Alt utstyr kommet utenom skruer til å feste største momentsensor. Testing starter så snart som mulig.</p> <p>17.04.12: Alt utstyr er no kommet etter at det var ein feillevering. Rune N og Renathe kobler no opp og starter testene</p>	INFO	
2.0	<p>Innkjøp av utstyr til å utføre testen</p> <p>PO sendt IKM Instrutek. Venter på bekreftelse på leveringsdato. 13.03.12: Purret på Arild Andersen for å få bekreftet ein leveringsdato. 20.03.12: Leveringsdato bekreftet til 21.03.12. "Vanlige" skruer er ankommet. HR prøves det å få fatt i... 27.03.12: Alt ankommet. HR-skruer blir ikkje brukt i denne omgang.</p> <p>17.04.12: Alt utstyr er no kommet etter at det var ein feillevering. Rune N og Renathe kobler no opp og starter testene</p>	INFO	
3.0	<p>Lisens for Ansys</p> <p>28.02.12: Studentversjon av lisens for Ansys skaffet. Litt krøll med lisensen og allokering. Rune N maser på Bjarte for å få fikset. 06.03.12: Virker enda ikkje. Rune N involverer Bärbel for å få ein løysning på dette. 13.03.12: Bjarte Oftedal involvert for å få Ansys til å virke. Trengs ekstern skjerm til den bærbare PCen. Rune N trenger assistanse fra Bärbel for å komme i gang med Ansys... 20.03.12: Virker enda ikkje... Anders lager ein Synergi-sak på dette.</p> <p>17.04.12: Ansys virker.</p>	INFO	
4.0	<p>Testjigg</p> <p>Tegninger av 2 testjigger presenter. Begge er gjennomførbare og begge skal detaljeres vidare for å sette i prod. på sveiseskolen. Det må settes på mål, platetykkelse og Ø for hull samt sveis. Må tenkes på kossen skruen skal fastholdes mot rotasjon når man skrur/trekker.</p> <p>28.02.12: Foreslås å lage ein horisontal jigg der skruen står vertikalt. Jiggen lages med hull av forskjellig diameter for å passe utvalget av skruer som skal testes.</p> <p>Må etableres kontakt med sveisekolen og Tom Uhr for produksjon av jigene.</p> <p>28.02.12: Rune sendt mail til Tom og Leif Inge. Renathe og Rune N må ta ein prat med Tom for å få satte jiggen i produksjon. 06.03.12: Snakket med Tom og alt ok så langt. Simon S må involvere for nesting. Leif Inge er også besøkt. Må få fatt i litt fleire tvinger for å feste jiggen til bordet.</p>		

Item	Description	Resp.	Date
	<p>13.03.12: Skruer må bestilles. Tabell over kva som må til av størrelser og lengder satt opp av Rune N og Renathe.</p> <p>20.03.12: Jig sendt til maling i dag. Må lages adapterplater til forskjellige Ø-skruer.</p> <p>27.03.12: Adapterplate laget. Jiggen er montert i verkstedet og klar til bruk.</p> <p>17.04.12: Alt klart og alt passer sammen</p>	INFO	
5.0	<p>Standarder til bruk i studiet</p> <p>Er bestilt, venter på svar fra Helga.</p> <p>28.02.12: Må purre på dette...</p> <p>06.03.12: Purret igjen...</p> <p>13.03.12: Standarder ankommet.</p> <p>20.03.12: NS-EN-14399 1-6 finnes på intrawebben.</p>		
6.0	<p>IT-Problemer</p> <p>Renathe sin bruker virker fremdeles ikkje. Rune må følge opp innsendelse av HR-skjema og får låst opp brukeren.</p> <p>Det er bare eit punkt for nettverk på kontoret. Må være to – eit for stasjonær og eit for bærbar pc.</p> <p>28.02.12: Alt ok etter kva man kan forvente...</p> <p>06.03.12: Renathe fått problemer igjen...</p> <p>20.03.12: Ansys virker ikkje, se pkt. 3.0. Renathe sine problemer er løst. Rune N må sende saksnr. til Anders</p> <p>17.04.12: alt ok.</p>	INFO	
7.0	<p>Utførelse av test</p> <p>Det må etableres kontakt med ein formann som kan veilede og komme med forlag til kossen utføre selve testen.</p> <p>Må få ein omvisning i sakkyndig virksomhet sine lokaler for å planlegge testen. Kontakt etableres med Torgersen.</p> <p>28.02.12: Rune N og Renathe ordner dette sjølv med Leif Inge. Det må etableres ein arbeidsprosedyre som sier punkt for punkt kossen testen skal utføres.</p> <p>28.02.12: Første forslag vist i møte. Ser bra ut. Revideres opp til å inneholde 1 forslag til metodikk.</p> <p>06.03.12: Rune R må snakke med Johar Mæhle ang. ein formann som kan fortelle kossen man skrur i prosjekt.</p> <p>13.03.12: Johar Mæle er på saken og har gitt eit navn til ein som skal finne ein.</p> <p>Trengs det kurs for å operere trekkeutstyret..?</p> <p>20.03.12: Arne Amdal er kontaktmann. Trengs ikkje kurs for å betjene utstyret.</p> <p>27.03.12: Arne A kontaktes for å assistere med å montere opp sensorer. Bærbar PC er lånt av Anders for logging av data. Viktig å huske å ta backup av måledata.</p> <p>17.04.12: Asle L kontaktes for å lodde sammen utstyret.</p>	INFO	
8.0	Annet		

Item	Description	Resp.	Date
	20.03.12: Rune N og Renathe trenger tilgang til nybygget. 17.04.12: Tilgang ok. Må sjekkes ut om oppgavene skal få rød forside og således være beskyttet for distribusjon av innholdet om Rosenberg mener det er ting som er verdt å beskytte av innholdet.	Anders / Rune R	U17