

ALTERNATIVA STOLPMATERIAL

RAPPORT 2016:262



UNDERHÅLL, DIAGNOSTIK OCH
REINVESTERINGSTRATEGI



Alternativa stolpmaterial

Provning av infästningsdetaljer

ERIK DARTFELDT

ISBN 978-91-7673-262-5 | © 2016 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Den här rapporten är resultat av ett projekt i det samlade utvecklingsprogrammet för Underhåll, Diagnostik och Reinvesteringsstrategi som startades av Elforsk under 2010. Projektet har genomförts av Erik Dartfeldt på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Målet med utvecklingsprogrammet är att:

- 1 *identifiera utvecklingsinsatser för det strategiska reinvesterings- och underhållsarbetet som kan leda till förbättrad nätekonomi, samt att medverka till att dessa genomförs*
- 2 *öka kunskapen om nya möjligheter med diagnostiska metoder för underhåll av elnät*
- 3 *skapa möjligheter till att förbättra underhålllets styrning och planering*
- 4 *sprida kunskap med syfte att höja kompetensnivån inom området*
- 5 *vara en brygga mellan högskoleforskningens resultat och branschens möjliga applikationer*

De finansierande företagen i ramprogrammet är:

Svenska Kraftnät	Jönköping Energi Nät AB
Vattenfall Eldistribution AB	Gävle Energi AB
E.ON Elnät Sverige AB	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Fortum Distribution	Sundsvall Elnät AB
ABB AB	Borås Elnät AB
Göteborgs Energi AB	Växjö Energi Elnät AB
Skellefteå Kraft Elnät AB	Borlänge Energi AB
Jämtkraft Elnät AB	Pite Energi AB
Umeå Energi Elnät AB	Mälarenergi AB

Styrgrupp består av följande personer vid programmets avslutning 2015:

Hans-Erik Carlsson E.ON Elnät Sverige AB, ordförande
 Rikard Persson Svenska Kraftnät
 David Håkansson Borås Elnät AB
 Mats-Erik Jansson, Jämtkraft Elnät AB
 Torbjörn Jernström Vattenfall Eldistribution AB
 Catarina Naucél Fortum Distribution
 Ferruccio Vuinovich, Göteborgs Energi Nät AB
 Johan Fält Mälarenergi AB
 Christer Gruber Svensk Energi
 Reyna Lind, Sundsvall Elnät AB
 Sven Jansson Energiforsk AB, programansvarig

Sammanfattning

I denna rapport presenteras en studie inom vilken belastningskapaciteten hos ett antal infästningsdetaljer (pinnbult, fransk skruv samt stagmärla) har undersökts.

Infästningsdetaljerna har provats tillsammans med tre olika elstolpar (kreosotimpregnerad trästolpe, kompositstolpe samt fanéristolpe) av typ G12. Resultaten från studien kan således användas för att jämföra hur väl de olika infästningsdetaljerna fungerar tillsammans med de olika stolptyperna.

Studien har utförts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut på uppdrag av Energiforsk. Bakgrunden till studien är det förbud mot användning av kreosot som impregneringsmedel som eventuellt kommer att realiseras 2018.

Studien har genomförts genom att montera de olika infästningsdetaljerna, enligt stolptillverkarnas instruktioner, och sedan belasta dem i olika riktningar. I studien ingår tre olika lastfall: horisontell last (pinnbult, fransk skruv), vertikal last (pinnbult, fransk skruv, stagmärla) samt en vridande last (pinnbult, fransk skruv).

De resultat som presenteras i denna rapport är framtagna inom ett antal avgränsningar som har införts för att ge studien en rimlig omfattning. Effekten av dessa avgränsningar bör undersökas vidare för att få en mera komplett helhetsbild. Till exempel har all provning genomförts i rumstemperatur. Med tanke på den miljö som stolparna förväntas verka i kan det vara intressant att undersöka hur de olika förbanden fungerar till exempel vid låga temperaturer. Vidare har provningen genomförts med nya stolpar. Med tanke på den livslängd som stolparna förväntas ha vore det även intressant att genomföra denna undersökning med hänsyn tagen till eventuella åldringsaspekter.

Resultaten från denna studie kan användas för att avgöra huruvida en belastning som ett förband (stolptyp+infästningsdetalj) förväntas utsättas för kan anses vara inom ett säkert intervall. Resultaten kan även användas för att jämföra hur väl en viss typ av infästningsdetalj fungerar ihop med de olika stolptyperna. På sikt skulle denna typ av provning kunna utgöra en del av ett certifieringsförförande för nya elstolpar.

Summary

SP Technical Research Institute of Sweden has been commissioned by Energiforsk to investigate the mechanical properties of a number of attachment hardware when used together with three different types of distribution poles of type G12.

The study is carried out by mounting the attachment hardware, according to the pole manufacturers' instructions, and then subjecting them to mechanical loading while measuring the corresponding deformations. Three different load cases (horizontal, vertical and torsional) are considered.

By comparing the expected in-operation loads with the identified load capacity the joints can be evaluated, using the results in this study, from a safety factor perspective. The testing procedure presented in this report could be used as a part of a certification procedure for new distribution poles.

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Bakgrund	10
1.2	Mål med studien	10
1.3	Avgränsningar	10
1.4	Projektorganisation	11
1.5	Stolptyper	11
1.5.1	Scanpole (referens)	11
1.5.2	Jerol	11
1.5.3	Ecopole	12
1.6	Infästningsdetaljer	12
2	Metod	13
2.1	Uttag av provbitar	13
2.2	Montering av infästningsdetaljer	13
2.2.1	Pinnbult M20x360 mm	13
2.2.2	Fransk skruv: T6S 16x75 mm fzv	13
2.2.3	Stagmärla	13
2.3	lastfall	14
2.3.1	Horisontell last (HO1+HO2)	14
2.3.2	Vertikal last (VE1-VE3)	14
2.3.3	Vridande (tangentiell) last	15
3	Resultat	16
3.1	Horisontell last – Pinnbult (HO1)	16
3.1.1	Scanpole	16
3.1.2	Jerol	17
3.1.3	Ecopole	18
3.1.4	Jämförelse	19
3.2	Horisontell last - Fransk skruv (HO2)	20
3.2.1	Scanpole	20
3.2.2	Jerol	21
3.2.3	Ecopole	22
3.2.4	Jämförelse	23
3.3	Vertikal last – Pinnbult (VE1)	24
3.3.1	Scanpole	24
3.3.2	Jerol	25
3.3.3	Ecopole	26
3.3.4	Jämförelse	27
3.4	Vertikal last – Fransk skruv (VE2)	28
3.4.1	Scanpole	29
3.4.2	Jerol	30

3.4.3	Ecopole	31
3.4.4	Jämförelse	32
3.5	Vertikal last – Stagmärla (VE3)	33
3.5.1	Scanpole	34
3.5.2	Jerol	34
3.5.3	Ecopole	35
3.5.4	Jämförelse	36
3.6	Vridande last – Pinnbult (VR1)	38
3.6.1	Scanpole	38
3.6.2	Jerol	39
3.6.3	Ecopole	40
3.6.4	Jämförelse	41
3.7	Vridande last – Fransk skruv (VR2)	42
3.7.1	Scanpole	42
3.7.2	Jerol	43
3.7.3	Ecopole	44
3.7.4	Jämförelse	45
4	Slutsatser och rekommendationer	46
5	Referenser	48

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Kreosot används idag för att impregnera bland annat järnvägssliprar, el- och telefonstolpar. Mot bakgrund av det förbud [1] mot användning av kreosot som impregneringsmedel som diskuteras har produkter av alternativa material börjat nå fram till marknaden. Den Europeiska kommissionen meddelade 2011 att användningen av kreosot som impregneringsmedel kommer att vara tillåtet, under vissa förutsättningar, fram till och med den 1 maj 2018 [2]. Vad som händer därefter är i nuläget oklart.

Elforsk (numera Energiforsk) gav under 2014 SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i uppdrag att ta fram en generell process för kvalitetssäkring av olika typer av material som används inom eldistributionsbranschen. Förstudien utmynnade i en generell mall [3] som syftar till att skapa en samsyn mellan köpare, leverantörer och tillverkare av eldistributionsmateriel för att säkerställa att den materiel som byggs in i elnätet håller rätt kvalitet och funktion. Inom förstudien tillämpades sedan mallen på elstolpar av trä vilket resulterade i en rapport [4] som beskriver arbetet med att kvalitetssäkra elstolpar av trämaterial.

Förstudien belyser den mångfald av aspekter som behöver beaktas vid en utvärdering av elstolpar. En viktig aspekt är det faktum att stolparna förväntas ha fullgod funktion under mycket lång tid (ofta mellan 40-80 år). Detta trots att stolparna utsätts för många faktorer som kan förväntas påverka livslängden såsom till exempel solljus, temperaturvariationer, fukt samt naturligtvis ett antal olika mekaniska laster som verkar på stolpen.

En annan del av förstudien var att arbeta fram ett underlag för att kunna offerera en utvärdering av just dessa mekaniska egenskaper. Den resulterande offerten [5] ligger till grund för det arbete som presenteras i Energiforsks rapport 2015:163 [6].

Som ett tillägg till ovan nämnda studie har tre olika infästningsdetaljer (pinnbult, fransk skruv samt stagmärla) utvärderats utifrån ett mekaniskt perspektiv. Detaljerna har provats tillsammans med tre olika stolpar genom att belasta dem enligt ett antal olika lastfall för att på så vis studera hur infästningsdetaljerna fungerar tillsammans med de olika stolptyperna. Resultatet av detta arbete presenteras i denna rapport.

1.2 MÅL MED STUDIEN

Målet med studien är att prova hur de olika infästningsdetaljerna fungerar tillsammans med de stolpar som ingår i studien. Detta görs genom att belasta detaljerna i olika riktningar för att på så vis fastställa sambandet mellan last och deformation. Informationen användas för att bedöma ett visst förbands (infästningsdetalj i kombination med stolptyp) förmåga att bära en förväntad last.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Studien har genomförts enligt de metoder som beskrivs i kapitel 2 enligt de avgränsningar som diskuteras nedan.

I den aktuella provningen har provbitar tagits från stolpprojektet (Energiforsk rapport 2015:163). Uttaget har gjorts på ett sådant sätt att endast lågpåkända delar av stolparna har använts. Provningen tar ej hänsyn till åldringsaspekter.

Provningen har genomförts i rumstemperatur vilket innebär att provningen ej tar hänsyn till eventuella temperatureffekter.

1.4 PROJEKTORGANISATION

Nedan listas de personer som har varit inblandade i denna studie.

Tabell 1: Projektorganisation

Namn	Organisation	Roll
Sven Jansson	Energiforsk	Projektleddare Energiforsk
Mats-Erik Jansson	Jämtkraft	Ordförande EBR materialgrupp
Leif Andersson	Ingenjörfirman Leif Andersson	Teknisk rådgivning
Erik Dartfeldt	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Teknisk projektledare, SP
Per-Arne Thuresson	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Provningssamordinator
Magnus Styrvik	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Provningstekniker

1.5 STOLPTYP

De stolpar som ingår i studien beskrivs kortfattat nedan. Uppgifterna som redovisas nedan kommer från stolptillverkarna. Samtliga av de provade stolparna är av typ G12 och har en längd om 12 m.

1.5.1 Scanpole (referens)

Nedanstående egenskaper för Scanpoles trästolpar återfinns på grossisten Onninen's hemsida [7]:

- Följer EBR IN 063
- Vikt: cirka 385 kg
- Toppdiameter: 170-210 mm
- Jordbandsdiameter: 270 mm

1.5.2 Jerol

Nedanstående egenskaper är hämtade från Jerols hemsida [8]:

- Vikt: 250 kg
- Diameter, från rot och 2 m upp: 271 mm
- Diameter, från topp och 3 m ner: 266 mm

- Konstruktion: kärna av glasfiberarmerad polyester täckt av ett skal av solid polyeten (tjocklek 3-4 mm)

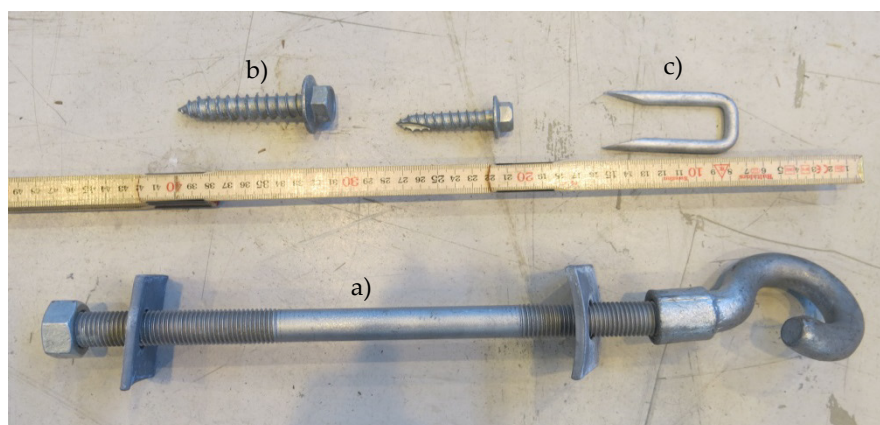
1.5.3 Ecopole

Nedanstående egenskaper är hämtade från Ecopoles hemsida [9]:

- Vikt: 250 kg
- Ytterdiameter: 280 mm (konstant)
- Godstjocklek: 44 mm
- Konstruktion: Skiktlimmad (MUF-lim) stolpe av granfanér

1.6 INFÄSTNINGSDETALJER

I studien ingår tre olika infästningsdetaljer, se Figur 1. Montering har skett enligt beskrivningarna i kapitel 2.2 vilka bygger på tillverkarnas rekommendationer.



Figur 1: Infästningsdetaljer som ingår i studien: a) Pinnbult M20x360 mm med tillhörande monteringsdetaljer, b) Fransk skruv T6S 16x75 mm (den större av de två skruvarna i bilden), c) Stagmärla med tillhörande bricka (brickan ej med i bild).

2 Metod

2.1 UTTAG AV PROVBITAR

De stolpbitar som användes för provningen av infästningsdetaljer kommer från provningen av stolpar i moderprojektet (4P08537). Uttaget har gjorts på ett sådant sätt att endast lågpåkända delar av stolpen har använts. Provbitarnas härkomst dokumenteras för att möjliggöra spårbarhet.

2.2 MONTERING AV INFÄSTNINGSDETALJER

De infästningsdetaljer som ingår i studien finns beskrivna i kapitel 1.6. Inför provningen har respektive stolpleverantör fått beskriva hur monteringen av respektive detalj ska göras. Nedan listas de monteringsanvisningar som har använts under denna provning.

2.2.1 Pinnbult M20x360 mm

Pinnbultarna har monterats enligt de anvisningar som listas i Tabell 2. Jerol rekommenderar att pinnbulten monteras tillsammans med en hylsa (25 mm ytterdiameter). Vidare rekommenderar Jerol att pinnbulten monteras tillsammans med en kupad bricka som är större än den som ingår i EBR-satsen. Energiforsk har dock valt att pinnbulten ska monteras med EBR-brickan för samtliga stolptillverkare. För att provningen ska ge svar på hur väl lasten kan överföras via pinnbulten till stolpen så sker provningen utan den gängkrok som följer med i EBR-satsen.

Tabell 2: Monteringsanvisning för pinnbult (M20x360 mm).

Stolptillverkare	Håldiameter [mm]	Hylsa
Scanpole	22	Nej
Ecopole	22	Nej
Jerol	25 (Hålsåg)	Ja, D=25 mm

2.2.2 Fransk skruv: T6S 16x75 mm fzv

Den franska skruven har monterats enligt anvisningarna i Tabell 3.

Tabell 3: Monteringsanvisning för fransk skruv (T6S 16x75 mm fzv).

Stolptillverkare	Förborrat hål
Scanpole	Nej
Ecopole	Ja, D=4 mm
Jerol	Ja, D= 11 mm

2.2.3 Stagmärkla

Stagmärklan, med tillhörande bricka, har monterats enligt anvisningarna i Tabell 4.

Tabell 4: Monteringsanvisning för stagmärsla med tillhörande bricka.

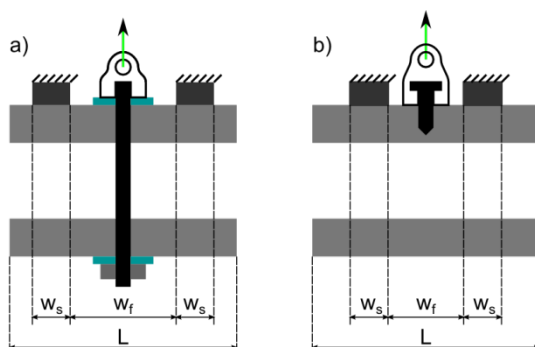
Stolptillverkare	Förborrat hål
Scanpole	Nej
Ecopole	Ja, D=6 mm
Jerol	Ja, D=6 mm

2.3 LASTFALL

Samtliga lastfall har genomförts med tre olika stolptyper: trästolpe (Scanpole), fanerstolpe (Ecopole) samt kompositstolpe (Jerol). För varje unik konfiguration (lastfall, stolptyp samt infästningsdetalj) genomfördes fem prov för att få kunskap om den statistiska spridningen i resultaten. Samtliga prov genomfördes med en föreskriven lasthastighet om 10 kN/min.

2.3.1 Horisontell last (HO1+HO2)

Detta lastfall motsvarar utdragning av infästningsdetaljen rakt ut från stolpen, enligt Figur 2. Provet genomförs med fransk skruv samt pinnbult (totalt 30 prov).



Figur 2: Schematisk beskrivning av det horisontella lastfallet. a) HO1 - med pinnbult, bricka, mutter och dragögla. b) HO2 - med fransk skruv och dragögla.

De dimensioner och mått som används för de olika fästelementen listas i Tabell 5

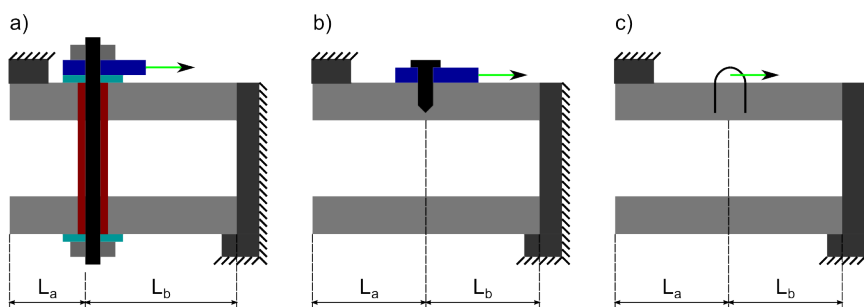
Tabell 5: Mått och dimensioner för det horisontella lastfallet.

Lastfall	Fästelement	L [m]	w _s [m]	w _f [m]
HO1	Pinnbult	1.5	0.31	0.5
HO2	Fransk skruv	2	0.31	0.5

För lastfall HO2 kan flera prov komma att genomföras på samma stolpbit om skadan efter utdragning av fästelementet är så pass begränsad att efterföljande prov kan anses vara opåverkade av skadan.

2.3.2 Vertikal last (VE1-VE3)

I detta lastfall belastas fästelementet i stolpens längsriktning enligt Figur 3. Lastfallet genomförs med pinnbult (VE1), fransk skruv (VE2) samt stagmärsla (VE3). Totalt genomfördes 45 prov.



Figur 3: Schematisk beskrivning av det vertikala lastfallet. a) VE1 - med pinnbult, brickor, mutter och plattstång (alternativt U-stång). b) med fransk skruv samt plattstång (alt. U-stång). c) VE3 - med märsla.

Mått och dimensioner för det vertikala lastfallen sammanfattas i Tabell 6.

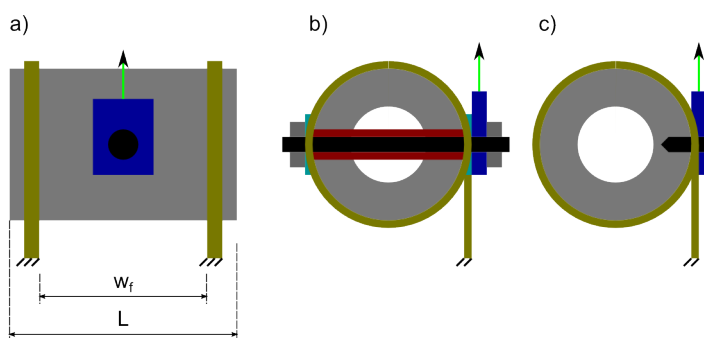
Tabell 6: Mått och dimensioner för det horisontella lastfallet.

Lastfall	Fästelement	L [m]	L _a [m]	L _b [m]
VE1	Pinnbult	1.5	0.5	1
VE2	Fransk skruv	1	0.5	0.5
VE3	Stagmärsla	1	0.5	0.5

För lastfall VE2 och VE3 kan flera prov komma att genomföras på samma stolpbit om skadan efter utdragning av fästelementet är så pass begränsad att efterföljande prov kan anses vara opåverkade av skadan.

2.3.3 Vridande (tangentiell) last

Fästelementet belastas i stolpens tangentiella riktning (vridande last) enligt Figur 4. Lastfallet genomförs med pinnbult (VR1) samt fransk skruv (VR2). Totalt redovisas resultat från 30 prov.



Figur 4: Schematisk beskrivning av vridlastfallet. a) Vy från ovan som visar bult/skruv samt rotationslösning. b) VR1 - med pinnbult, hylsa, brickor, plattstång (alt. U-stång) samt muttrar. c) VR2 - med fransk skruv samt plattstång (alt. U-stång).

Mått och dimensioner för det aktuella lastfallen sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7: Mått och dimensioner för den vridande lasten.

Lastfall	Fästelement	L [m]	w _f [m]
VR1	Pinnbult	2	1.6
VR2	Fransk skruv	1	1.6

3 Resultat

I detta kapitel redovisas jämförelser mellan de olika stolptyperna för samtliga testade konfigurationer.

3.1 HORIZONTELL LAST – PINNBULT (HO1)

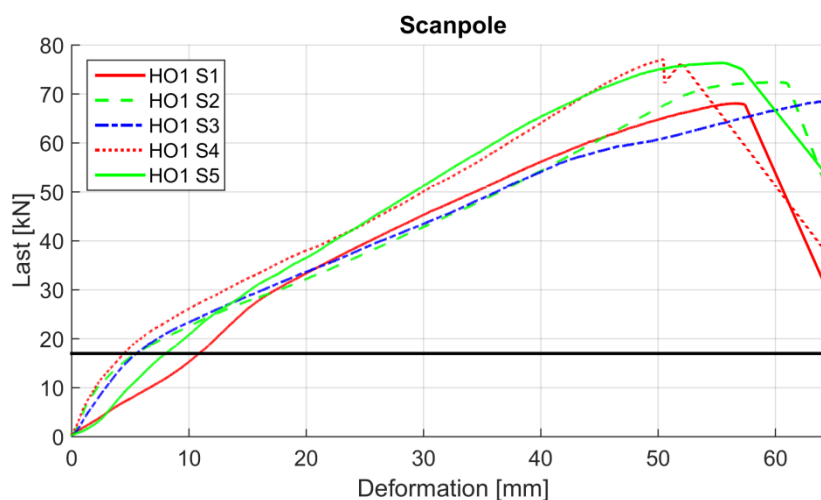
I Figur 5 visas den provuppställning som användes för detta lastfall. Den gängkrok som monteras på pinnbulten har en tillåten last på 17 kN i denna belastningsriktning enligt SS 424 12 20. I graferna nedan, som visar den uppmätta lasten som funktion av den uppmätta deformationen, visas därför även denna tillåtna lastnivå.



Figur 5: Provuppställning som användes för det horisontella lastfallet vid provning av pinnbult.

3.1.1 Scanpole

I Figur 6 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för stolparna från Scanpole.



Figur 6: Uppmätt last som funktion av deformation.

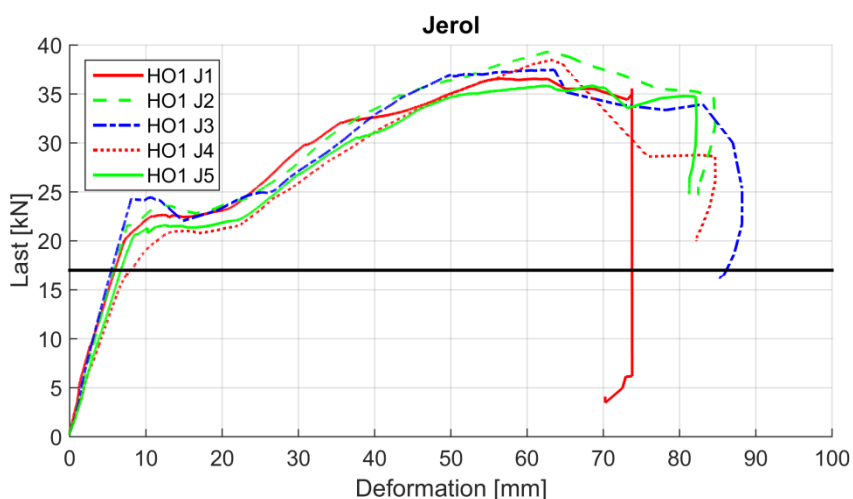
Från graferna ovan kan det konstateras att detta förband har en belastningskapacitet på cirka 68-76 kN i den horisontella riktningen. Vid maxlasten går antingen brickan av i två delar, se Figur 7, eller så böjs den och klyver genom stolpen. En tydlig stansning kan också noteras.



Figur 7: Spräckt bricka till följd av horisontallast.

3.1.2 Jerol

I Figur 6 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för stolparna från Jerol.



Figur 8: Uppmätt last som funktion av deformation.

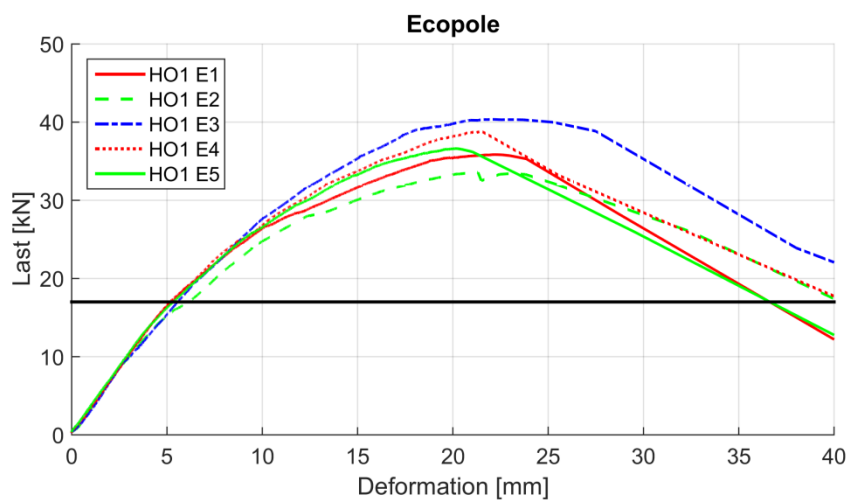
Från ovanstående grafer kan det konstateras att förbandet uppvisar en linjär respons upp till cirka 15-25 kN för att sedan övergå i en mera komplicerad respons upp till maxlasten som inträffar vid cirka 35-39 kN. Vid maxlasten stansar brickan igenom stolpen, se Figur 9.



Figur 9: Stansning av bricka till följd av horisontallast.

3.1.3 Ecopole

I Figur 10 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för stolparna från Ecopole.



Figur 10: Uppmätt last som funktion av deformation.

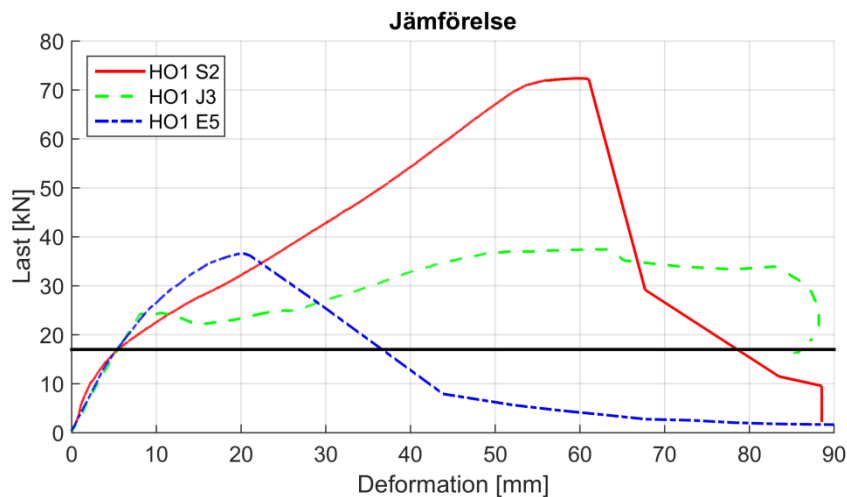
Den uppmätta lasthistoriken är generellt sett samlad upp till cirka 25 kN då responsen för de olika proven skiljer sig något. Maxlasten sker i spannet 33-40 kN. Vid en viss lastnivå börjar brickan stansa igenom stolpen vilket sedan leder till en lokal krosskada, se Figur 11.



Figur 11: Utfall av provning - stansning samt lokal krossning av stolpe.

3.1.4 Jämförelse

I Figur 12 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för ett prov från vardera stolptillverkare.



Figur 12: Uppmätt last som funktion av deformation.

Från graferna i ovanstående figur kan det noteras att responsen för de olika stolparna är mycket snarlik upp till laster strax över den tillåtna lasten (17 kN). Detta kan eventuellt bero på att responsen i detta spann domineras av pinnbulten och brickans egenskaper. Den identifierade maxlasten för stolparna från Jerol och Ecopole hamnar i ett snarlikt spann (35-39 kN resp. 33-40 kN). Maxlasten för stolparna från Scanpole hamnar i spannet 68-76 kN. För stolparna från Scanpole sker den identifierade maxlasten vid deformationer inom spannet 50-65 mm medan motsvarande spann för stolparna från Jerol och Ecopole är 56-68 mm respektive 20-22 mm.

3.2 HORISONTELL LAST - FRANSK SKRUV (HO2)

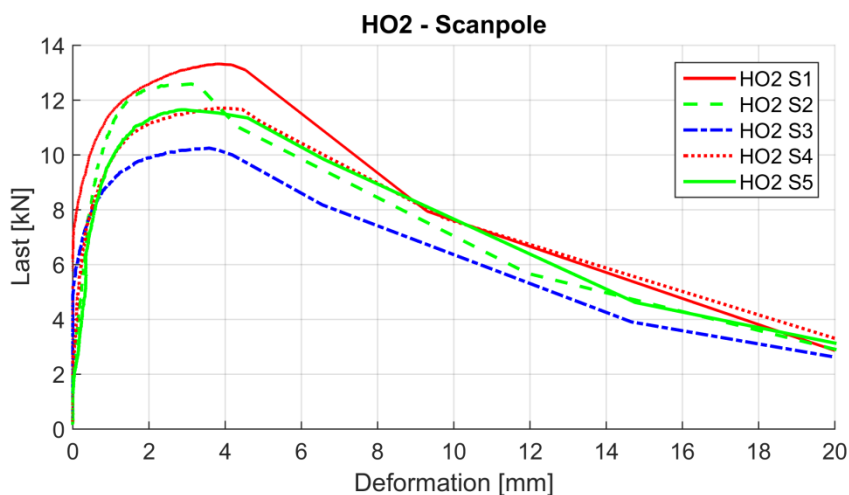
I Figur 13 visas den provuppställning som användes för detta lastfall. Provuppställningen är identisk med den som användes för lastfall HO1, bortsett från den bygel som överför lasten till den franska skruven.



Figur 13: Provuppställning som användes för det horisontella lastfallet vid provning av fransk skruv.

3.2.1 Scanpole

I Figur 14 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 14: Uppmätt last som funktion av deformation.

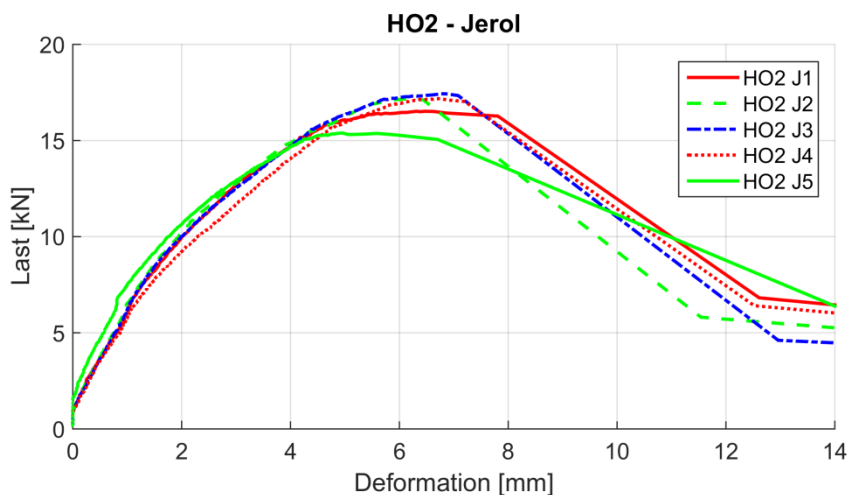
Den uppmätta lasthistoriken uppvisar samlade resultat upp till cirka 6 kN då en begynnande spridning mellan proven kan observeras. Maxlasten ligger i spannet 10-13 kN. Utfallet av proven är att skruven dras ut med en lokal skada som följd, se Figur 15.



Figur 15: Utfall av provning - utdragning av skruv med förhållandevis lokal skada som följd.

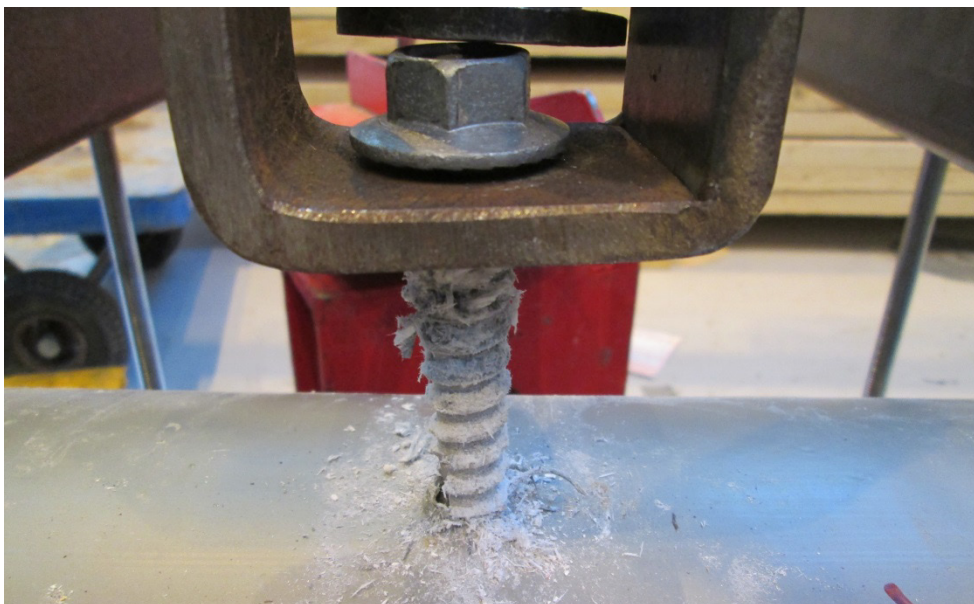
3.2.2 Jerol

I Figur 16 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 16: Uppmätt last som funktion av deformation.

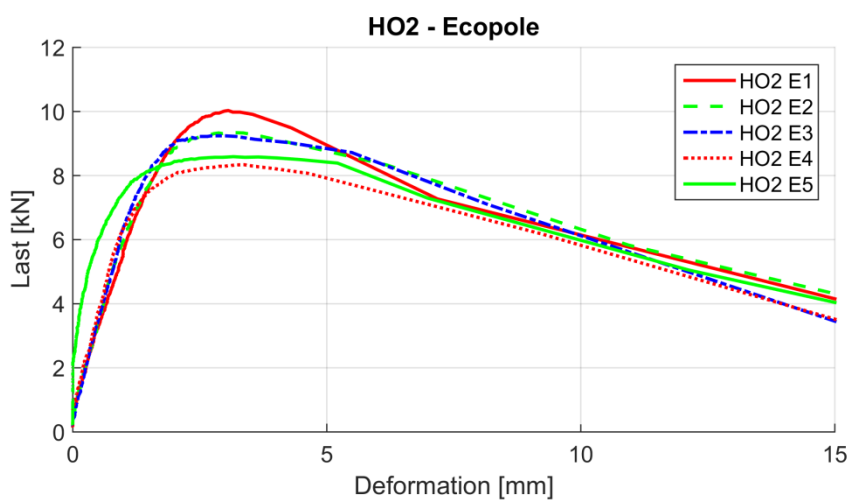
Ovanstående grafer uppvisar ett förhållandevis samlat resultat med en maxlast i spannet 15-17 kN. När lasten blir tillräckligt stor dras skruven ut med en lokal skada på stolpen som följd, se Figur 17.



Figur 17: Utfall av provning - utdragning av skruv samt lokal skada på stolpen.

3.2.3 Ecopole

I Figur 18 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 18: Uppmätt last som funktion av deformation.

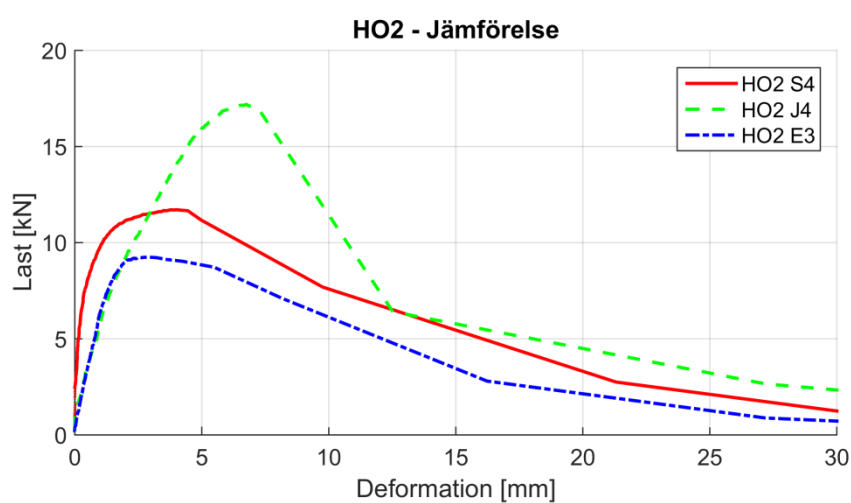
Den uppmätta lasthistoriken visar på ett samlat resultat (med undantag för prov H02 E5) med maxlaster i spannet 8-10 kN. I Figur 19 visas den lokala skadan på stolpen som följer av utdragningen av skruven.



Figur 19: Utfall av provning - utdragning av skruv med lokal skada på stolpen som följd.

3.2.4 Jämförelse

I Figur 20 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 20: Uppmätt last som funktion av deformation.

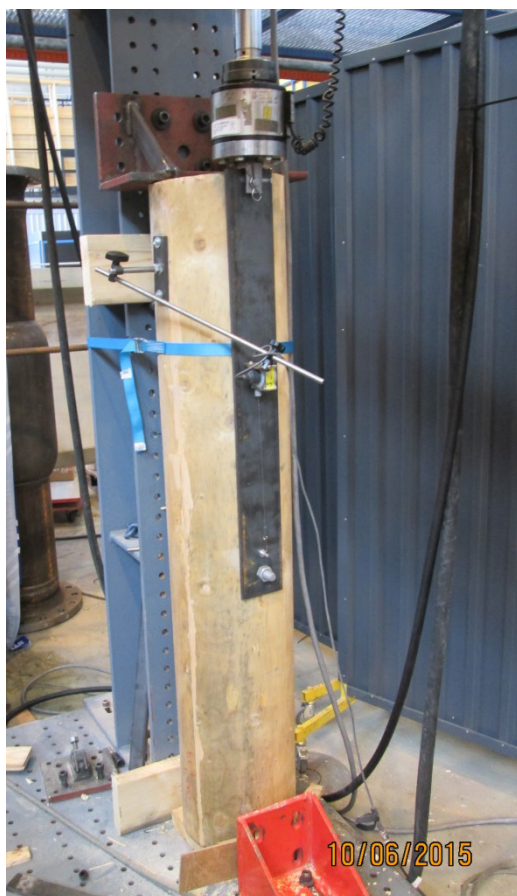
För samtliga tillverkare uppvisar den uppmätta lasthistoriken ett samlat resultat med tydliga maxlaster, enligt nedanstående:

- Scanpole: 10-13 kN
- Jerol: 15-17 kN
- Ecopole: 8-10 kN

I samtliga prov dras skruven ut med en lokal skada kring skruvhålet som följd.

3.3 VERTIKAL LAST – PINNBULT (VE1)

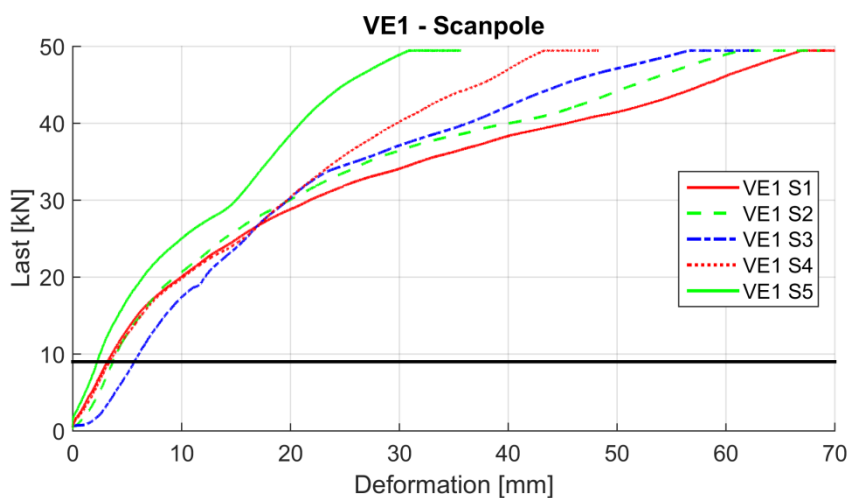
I Figur 21 visas den provuppställning som användes för detta lastfall. Den gängkrok som monteras på pinnbulten har en tillåten last på 9 kN i denna belastningsriktning enligt SS 424 12 20. I graferna nedan, som visar den uppmätta lasten som funktion av den uppmätta deformationen, visas därför även denna tillåtna lastnivå. Den rigg som användes har en belastningskapacitet på 50 kN. Av den anledningen ökades därför lasten upp till 49.5 kN med konstant lasthastighet för att därefter hållas konstant (om inte brott inträffade innan denna lastnivå).



Figur 21: Provuppställning som användes för det vertikala lastfallet vid provning av pinnbult.

3.3.1 Scanpole

I Figur 22 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 22: Uppmätt last som funktion av deformation.

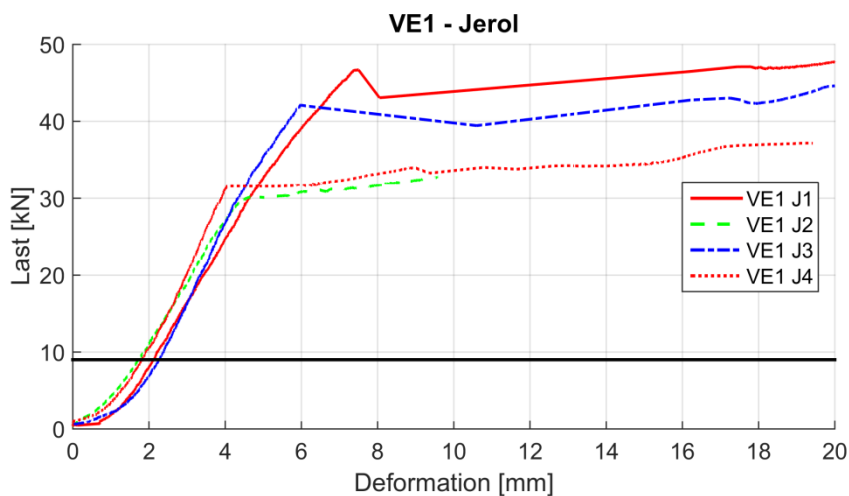
Ovanstående grafer visar att pinnbulten fortsätter skära igenom stolpen då riggens maxkapacitet (49.5 kN) uppnås. Det är däremot inte självklart vid vilken lastnivå som detta fenomen initieras. För att kunna avgöra det behövs en modifierad lastcykel. I Figur 23 visas utfallet från ett av proven.



Figur 23: Utfall av provning - pinnbulten skär igenom stolpen.

3.3.2 Jerol

I Figur 24 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 24: Uppmätt last som funktion av deformation.

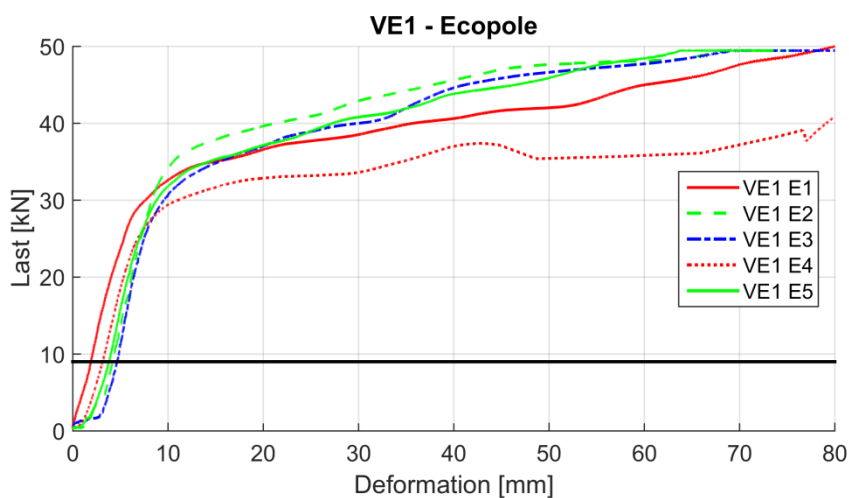
Från ovanstående grafer kan ett antal observationer göras. I två av proven börjar pinnbulten skära igenom stolpen vid cirka 30 kN. I den två andra proven sker motsvarande fenomen i spannet 40-45 kN. Prov VE1 J5 är ej medtaget på grund av problem med motsvarande mätdata. Utfallet av provningen visas i Figur 25.



Figur 25: Utfall av provning - pinnbulten skär igenom stolpen.

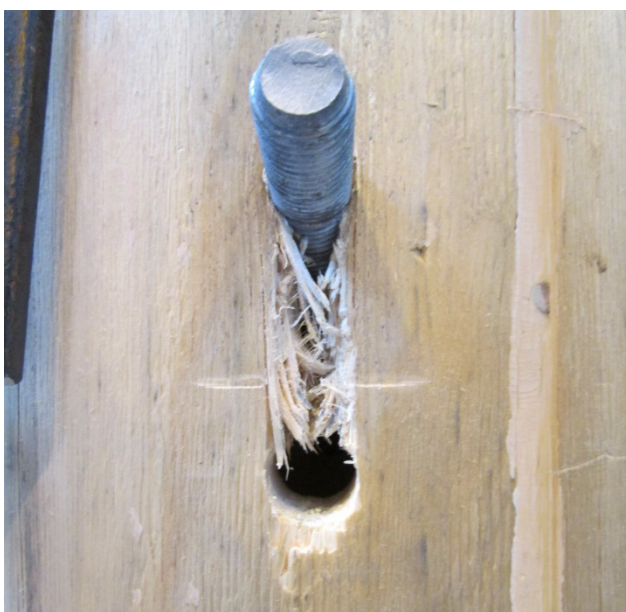
3.3.3 Ecopole

I Figur 26 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 26: Uppmätt last som funktion av deformation.

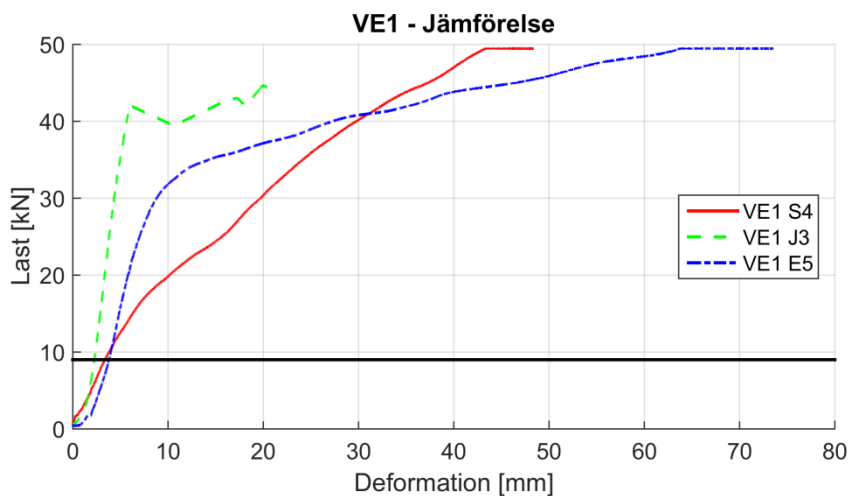
I detta fall börjar pinnbulten skära vid lastnivåer kring 30-35 kN. Utfallet av provningen illustreras i Figur 27.



Figur 27: Utfall av provning - pinnbulten skär igenom stolpen.

3.3.4 Jämförelse

I Figur 28 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för ett prov från vardera tillverkare.

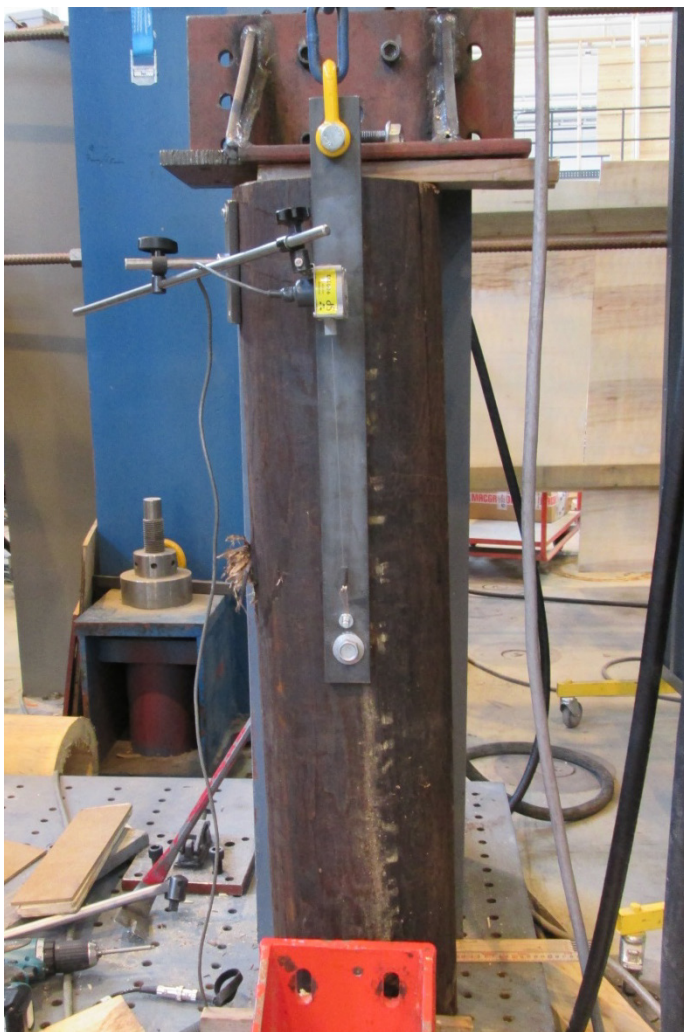


Figur 28: Uppmätt last som funktion av deformation.

För stolparna från Jerol och Ecopole börjar pinnbulten skära igenom stolpens gods vid lastnivåer från cirka 30 kN. För stolparna från Scanpole är det inte lika tydligt vid vilken last detta fenomen initieras men det kan konstateras att stolparna inte klarar att bära 49.5 kN kontinuerligt utan en fortsatt deformation. För att, mera säkert, kunna fastställa vid vilken lastnivå som pinnbulten börjar skära igenom stolpen skulle lasten behöva läggas på enligt ett något modifierat upplägg.

3.4 VERTIKAL LAST – FRANSK SKRUV (VE2)

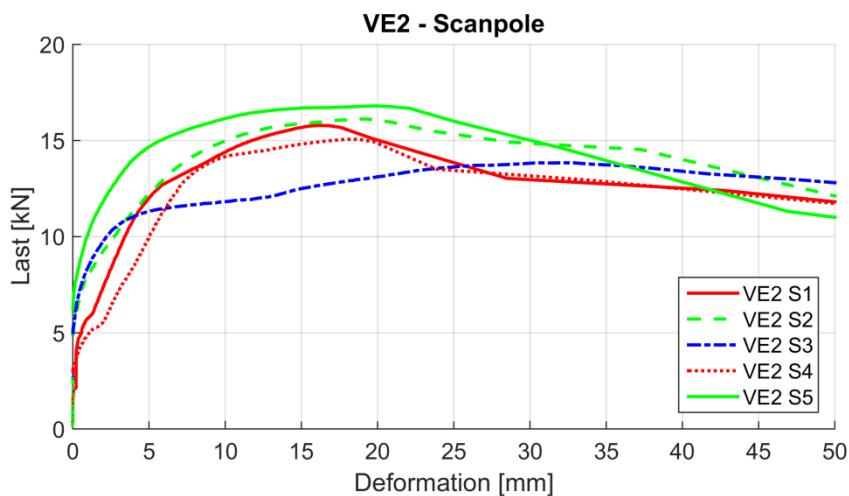
I Figur 29 visas den provuppställning som användes för detta lastfall.



Figur 29: Provuppställning som användes för det vertikala lastfallet vid provning av fransk skruv.

3.4.1 Scanpole

I Figur 30 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 30: Uppmätt last som funktion av deformation.

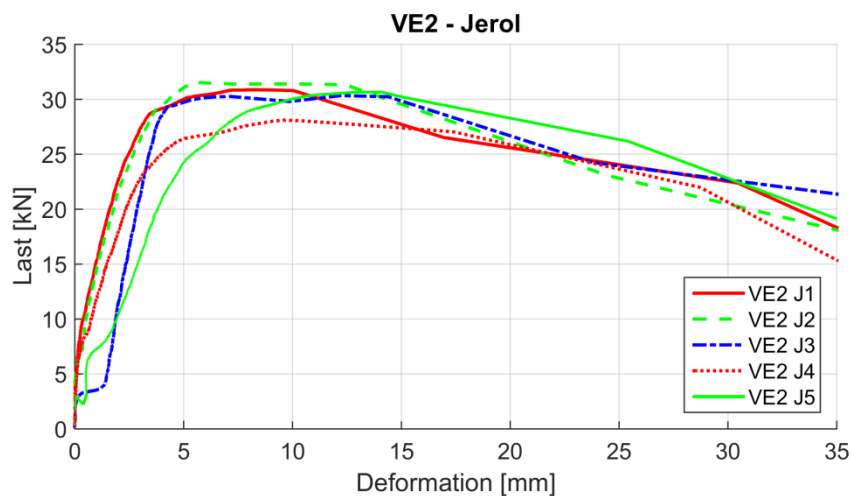
Från ovanstående grafer kan maxlasten i spannet 14-17 kN utläsas. I Figur 31 visas utfallet av ett av proven. Vid utdragningen av skruven blir den böjd, i vissa fall kan ett begynnande brott noteras. Utdragningen resulterar i en lokal skada på stolpen.



Figur 31: Utfall av provning - utdragen skruv med förhållandevis lokal skada till följd.

3.4.2 Jerol

I Figur 32 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 32: Uppmätt last som funktion av deformation.

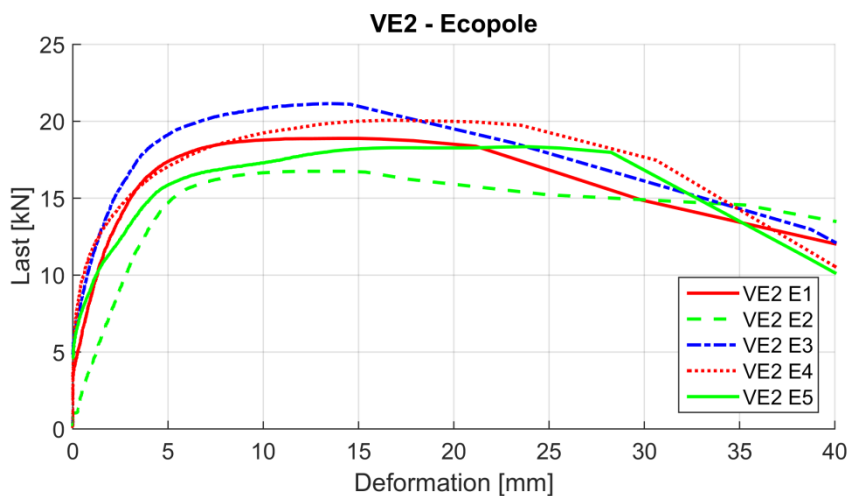
I detta fall hamnar de identifierade maxlasterna i spannet 26-31 kN. I två av proven sker något (oklart vad) vid cirka 3 kN. Utfallet från ett av proven visas i Figur 33.



Figur 33: Utfall av provning - utdragen skruv med tillhörande lokal skada på stolpen.

3.4.3 Ecopole

I Figur 36 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 34: Uppmätt last som funktion av deformation.

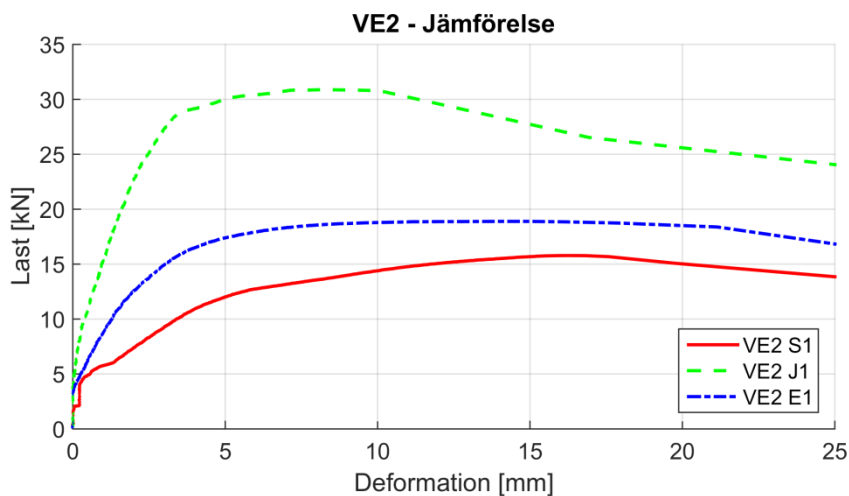
Ovanstående grafer visar att maxlasten hamnar i spannet 15-20 kN. Utfallet från provningen visas i Figur 35.



Figur 35: Utfall av provning - utdragen skruv med lokal skada på stolpen.

3.4.4 Jämförelse

I Figur 36 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för ett av proven från vardera stolptillverkare.



Figur 36: Uppmätt last som funktion av deformation.

Resultaten från provningen visar att maxlasterna hamnar inom de spann som redovisas nedan:

- Scanpole: 14-17 kN
- Jerol: 26-31 kN
- Ecopole: 15-20 kN

I samtliga prov dras skruven ut med en lokal skada som följd. I vissa av proven kan ett begynnande brott på skruven noteras.

3.5 VERTIKAL LAST – STAGMÄRLA (VE3)

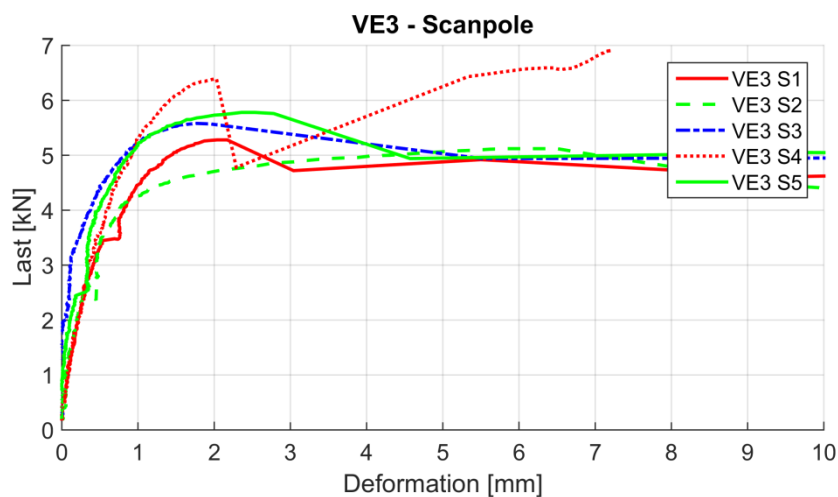
I Figur 37 visas den provuppställning som användes för detta lastfall.



Figur 37: Provuppställning som användes för det vertikala lastfallet vid provning av stagsmärla.

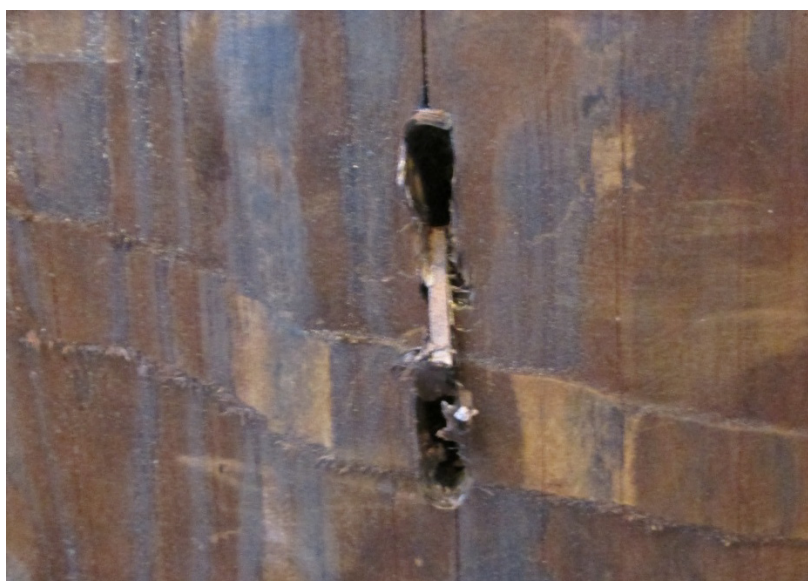
3.5.1 Scanpole

I Figur 38 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 38: Uppmätt last som funktion av deformation.

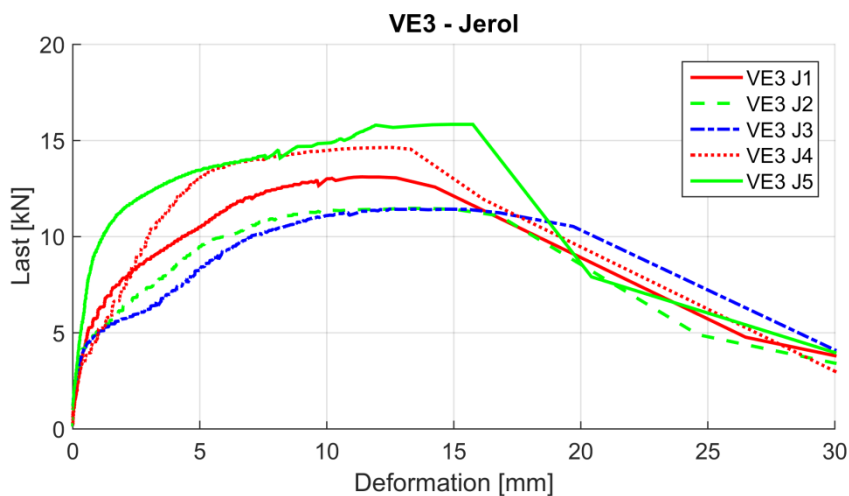
Från ovanstående grafer konstateras att maxlasten hamnar i spannet 5-6 kN. I samband med utdragningen av märklan uppstår en lokal skada på stolpen, se Figur 39.



Figur 39: Utfall av provning - utdragen märkla med lokal skada på stolpen.

3.5.2 Jerol

I Figur 40 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 40: Uppmätt last som funktion av deformation.

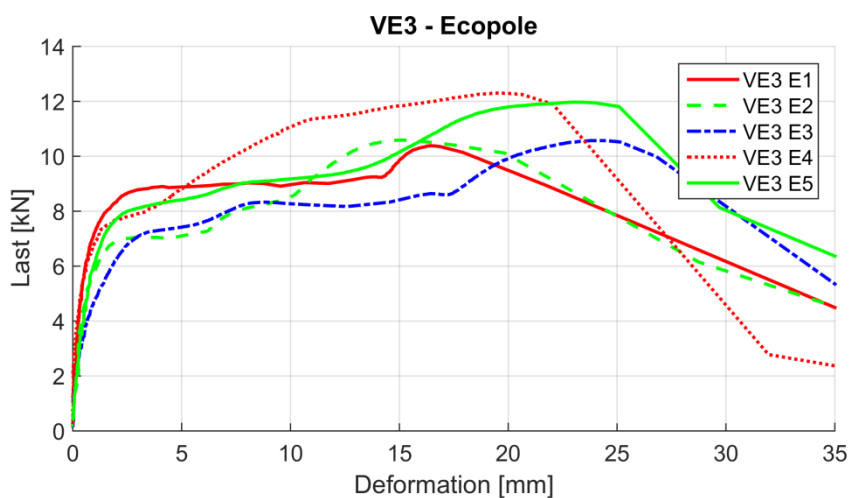
Maxlasterna från ovanstående prov hamnar i spannet 11-16 kN. Upp till cirka 5 kN är resultaten mycket samlade. Utfallet från ett av proven visas i Figur 41.



Figur 41: Utfall av provning - utdragen märla med lokal stolpskada.

3.5.3 Ecopole

I Figur 42 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 42: Uppmätt last som funktion av deformation.

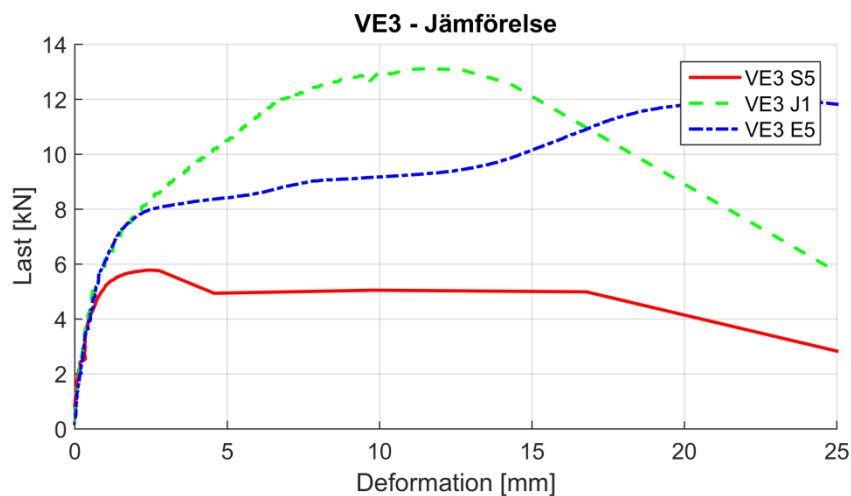
Från ovanstående grafer kan det noteras att stagmärlan tappar något av sin bärighet runt 7-8 kN medan maxlasterna hamnar i spannet 8-12 kN. Utfallet från ett av proven visas i Figur 43.



Figur 43: Utfall av provning - utdragen märla med tillhörande lokal skada på stolpen.

3.5.4 Jämförelse

I Figur 44 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen för ett prov från vardera tillverkare.



Figur 44: Uppmätt last som funktion av deformation.

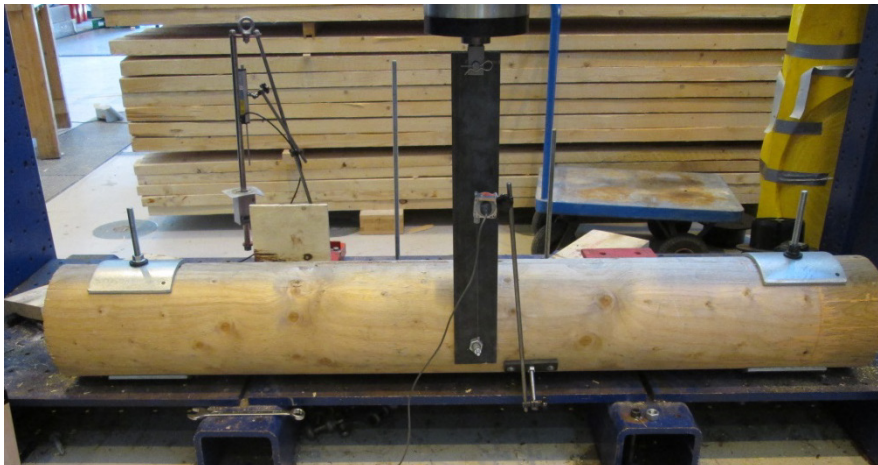
Sammanfattningsvis kan det konstateras att maxlasterna hamnar inom de spann som listas nedan:

- Scanpole: 5-6 kN
- Jerol: 11-16 kN
- Ecopole: 8-12 kN

I samtliga fall leder proven till att märlan dras ut med en mycket lokal skada till följd.

3.6 VRIDANDE LAST – PINNBULT (VR1)

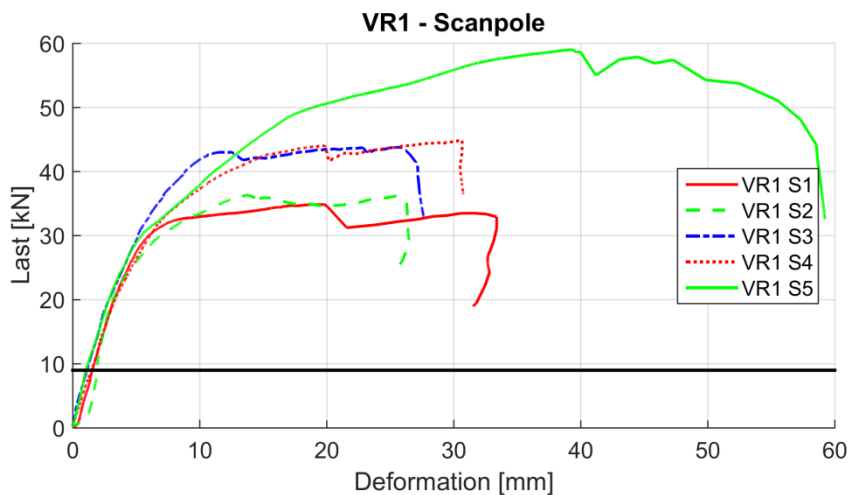
I Figur 45 visas den provuppställning som användes för detta lastfall. Den gängkrok som monteras på pinnbulten har en tillåten last på 9 kN i denna belastningsriktning enligt SS 424 12 20. I graferna nedan, som visar den uppmätta lasten som funktion av den uppmätta deformationen, visas därför även denna tillåtna lastnivå.



Figur 45: Provuppställning som användes för den vridande lasten vid provning av pinnbult.

3.6.1 Scanpole

I Figur 46 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 46: Uppmätt last som funktion av deformation.

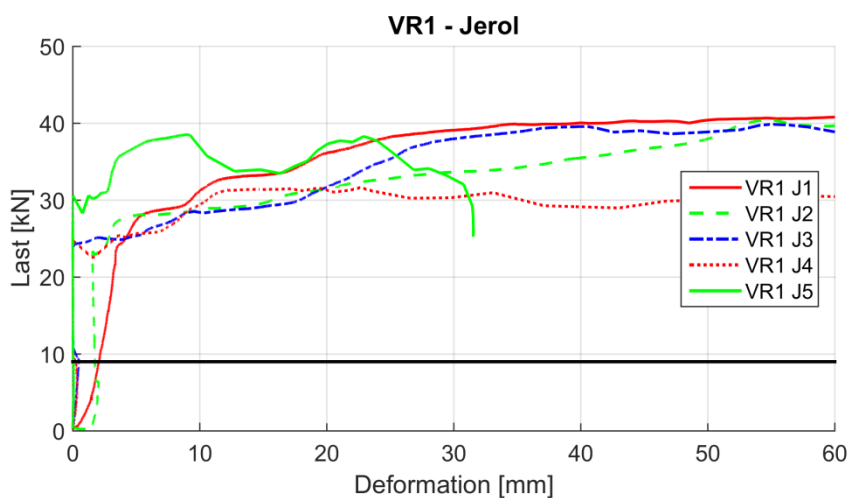
Från ovanstående grafer kan det konstateras att resultaten är mycket samlade upp till cirka 30 kN. Vad gäller maxlasterna så hamnar dessa inom spannet 35-45 kN om man bortser från prov VR S5 som når sin maxlast vid knappt 60 kN. Utfallet från ett av proven visas i Figur 47.



Figur 47: Utfall av provning - pinnbulten skär inledningsvis genom stolpen för att slutligen spräcka upp stolpen.

3.6.2 Jerol

I Figur 48 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 48: Uppmätt last som funktion av deformation.

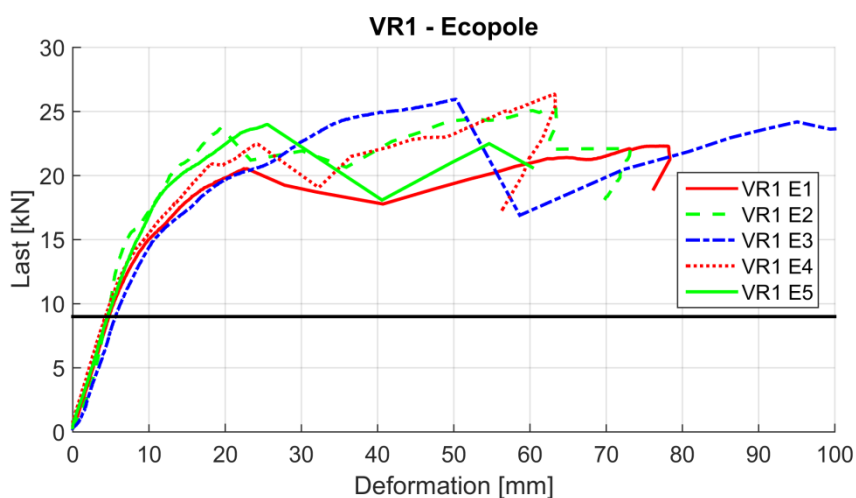
Ovanstående grafer indikerar en hög initiell styvhet. Vid cirka 25 kN börjar pinnbulten skära igenom materialet för att sedan nå en maxlast på cirka 30-40 kN. Utfallet från ett av proven visas i Figur 49.



Figur 49: Utfall av provning - pinnbulten skär igenom stolpens gods.

3.6.3 Ecopole

I Figur 50 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 50: Uppmätt last som funktion av deformation.

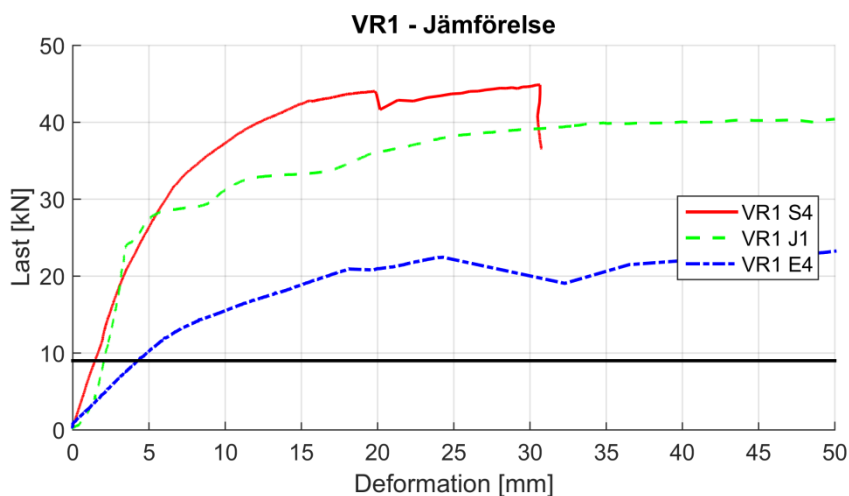
Resultaten är mycket samlade upp till cirka 15 kN, därefter ökar skillnaderna mellan de enskilda proven. Maxlasterna hamnar i spannet 20-25 kN. Utfallet från ett av proven visas i Figur 51.



Figur 51: Utfall av provning - pinnbulten skär inledningsvis igenom stolpen för att sedan fläka upp stolpen (möjlig randeffekt).

3.6.4 Jämförelse

I Figur 52 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 52: Uppmätt last som funktion av deformation.

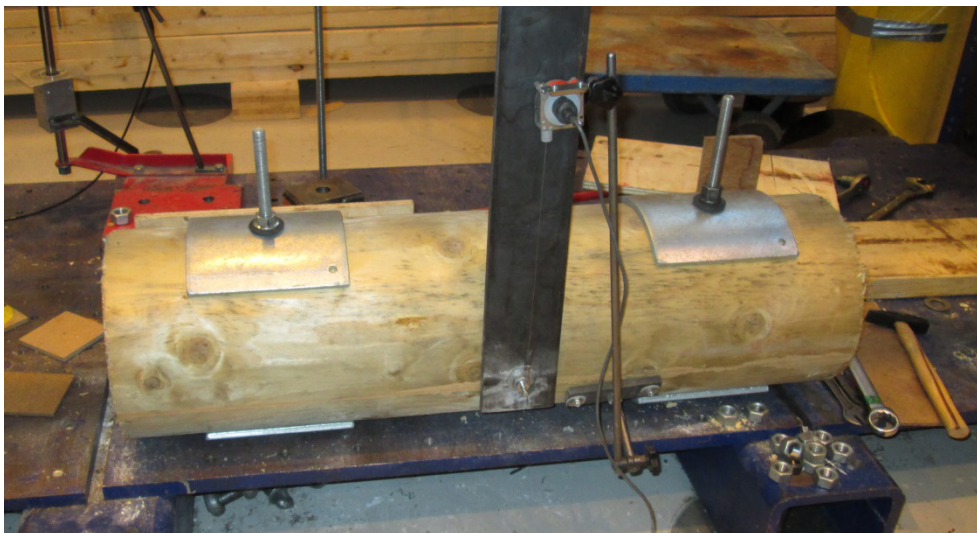
Sammanfattningsvis kan det konstateras att maxlasterna hamnar inom de spann som listas nedan:

- Scanpole: 35-45 (60) kN
- Jerol: 30-40 kN
- Ecopole: 20-25 kN

I samtliga prov skär pinnbulten genom stolpgodset inledningsvis för att sedan, i vissa fall leda till att stolpen spricker upp.

3.7 VRIDANDE LAST – FRANSK SKRUV (VR2)

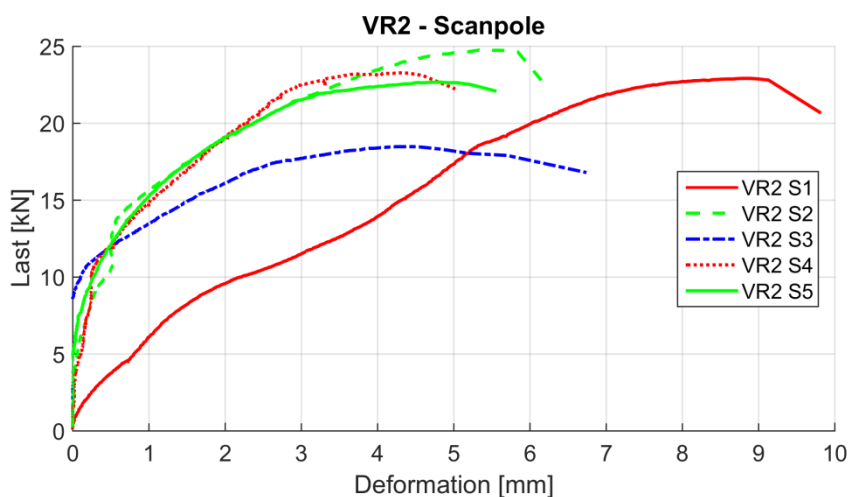
I Figur 53 visas den provuppställning som användes för detta lastfall.



Figur 53: Provuppställning som användes för den vridande lasten vid provning av fransk skruv.

3.7.1 Scanpole

I Figur 54 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 54: Uppmätt last som funktion av deformation.

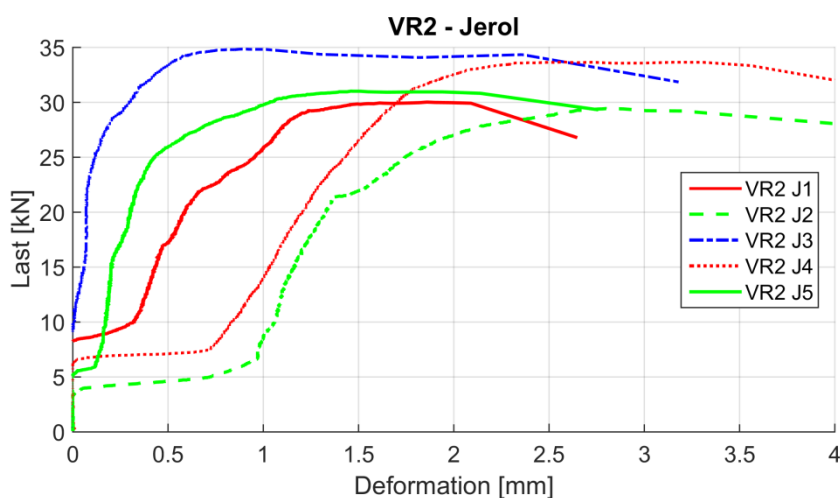
Prov 2-5 uppvisar samlade resultat upp till cirka 10 kN. Det är inte fastställt vad det är som gör att prov VR2 S1 skiljer sig från övriga prov. För samtliga prov så hamnar maxlasten i spannet 17-25 kN. I Figur 55 visas utfallet från ett av proven.



Figur 55: Utfall av provning - utdragning av skruv samt lokal skada kring skruvhålets mynning.

3.7.2 Jerol

I Figur 56 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 56: Uppmätt last som funktion av deformation.

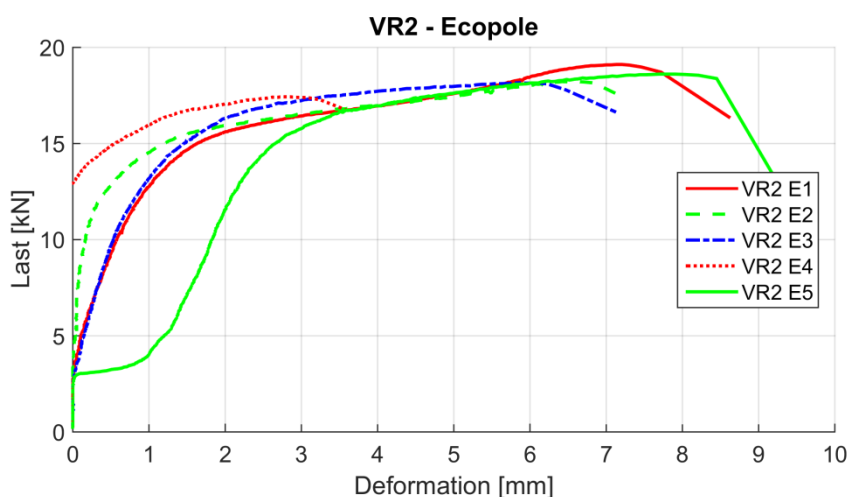
Från ovanstående grafer kan det konstateras att något sker i intervallet 5-10 kN. En tänkbar anledning är att skruven då börjar skära igenom stolpens gods och att denna mekanism sedan övergår till en utdragningsprocess. Maxlasterna hamnar i spannet 30-35 kN. Den kvarvarande skadan efter att skruven dragits ut visas i Figur 57.



Figur 57: Utfall av provning - utdragning av skruv med tillhörande lokal skada på stolpen.

3.7.3 Ecopole

I Figur 58 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 58: Uppmätt last som funktion av deformation.

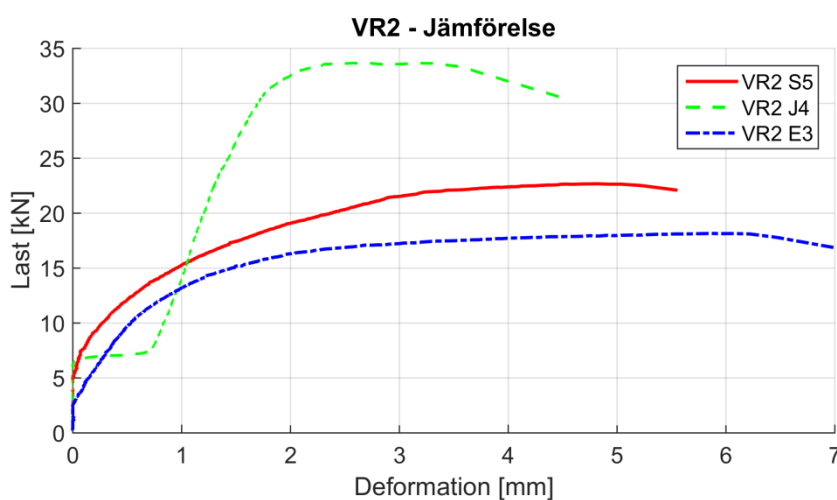
Från ovanstående prov kan det konstateras att maxlasterna hamnar inom spannet 17-19 kN. I ett av proven (VR2 E5) noteras en styvhetsförändring kring 3-4 kN som eventuellt skulle kunna bero på positionen av den inre skarven. Detta är dock inte fastlagt. I Figur 59 visas området kring den utdragna skruven efter genomfört prov.



Figur 59: Utfall av provning - utdragning av skruv samt lokal skada.

3.7.4 Jämförelse

I Figur 60 uppvisas den uppmätta kraften som funktion av deformationen.



Figur 60: Uppmätt last som funktion av deformation.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att maxlasterna hamnar inom de spann som listas nedan:

- Scanpole: 17-25 kN
- Jerol: 30-35 kN
- Ecopole: 17-19 kN

I samtliga prov resulterar belastningen i en utdragning av skruven med en efterföljande lokal skada på stolpen som följd.

4 Slutsatser och rekommendationer

I denna rapport presenteras en studie av hur ett antal infästningsdetaljer (pinnbult, fransk skruv samt stagmärla) fungerar tillsammans med tre olika elstolpar (kreosotimpregnerad trästolpe, kompositstolpe samt fanerstolpe) av typ G12. Studien har utförts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut på uppdrag av Energiforsk. Bakgrunden till studien är det förbud mot användning av kreosot som impregneringsmedel som eventuellt kommer att realiseras 2018.

Studien har genomförts genom att montera de olika infästningsdetaljerna, enligt stolptillverkarnas instruktioner, och sedan belasta dem i olika riktningar. I studien ingår tre olika lastfall: horisontell last (pinnbult, fransk skruv), vertikal last (pinnbult, fransk skruv, stagmärla) samt en vridande last (pinnbult, fransk skruv).

I det lastfall där en pinnbult utsätts för en horisontell last visar resultaten på en mycket snarlik respons, för de olika stolparna, upp till strax över den tillåtna lasten (17 kN). Detta kan eventuellt bero på att responsen i detta spann domineras av pinnbulten och brickans egenskaper. Den identifierade maxlasten för stolparna från Jerol och Ecopole hamnar i ett snarlikt spann (35-39 kN resp. 33-40 kN). Maxlasten för stolparna från Scanpole hamnar i spannet 68-76 kN.

I motsvarande lastfall för den franska skruven noteras ett samlat resultat med tydliga maxlaster: Scanpole 10-13 kN, Jerol 15-17 kN samt Ecopole 8-10 kN. I samtliga prov dras skruven ut med en lokal skada kring skruvhålet som följd.

Då pinnbulten utsätts för en vertikal last noteras ett tydligt krypfenomen (ökande deformation trots konstant last) för alla tre stolptyper. För stolparna från Jerol och Ecopole börjar pinnbulten skära igenom stolpens gods vid lastnivåer från cirka 30 kN. För stolparna från Scanpole är det inte lika tydligt vid vilken last detta fenomen initieras men det kan konstateras att stolparna inte klarar att bära 49.5 kN kontinuerligt utan en fortsatt deformation. För att, mera säkert, kunna fastställa vid vilken lastnivå som pinnbulten börjar skära igenom stolpen skulle lasten behöva läggas på enligt ett något modifierat upplägg.

Resultaten från det lastfall där den franska skruven utsätts för en vertikal last visar på ett samlat resultat med identifierbara maxlaster: Scanpole 14-17 kN, Jerol 26-31 kN samt Ecopole 15-20 kN. I samtliga prov dras skruven ut med en lokal skada som följd. I vissa av proven kan ett begynnande brott på skruven noteras.

I det lastfall som benämns VE3 (stagmärla+vertikal last) noteras följande maxlaster: Scanpole 5-6 kN, Jerol 11-16 kN samt Ecopole: 8-12 kN. I samtliga fall leder proven till att märklan dras ut med en mycket lokal skada som följd.

Pinnbulten har även belastats med en vridande (tangentiell) last. För detta lastfall finns en tillåten last på 9 kN. Följande maxlaster noterades: Scanpole 35-45 (60) kN, Jerol 30-40 kN samt Ecopole 20-25 kN. I samtliga prov skär pinnbulten genom stolpgodset inledningsvis för att därefter, i vissa fall leda till att stolpen spricker upp.

Även den franska skruven har utsatts för en vridande last. För detta lastfall observerades följande maxlaster: Scanpole 17-25 kN, Jerol 30-35 kN samt Ecopole 17-19 kN. I samtliga prov resulterar belastningen i en utdragning av skruven med en efterföljande lokal skada på stolpen som följd.

De resultat som presenteras i denna rapport är framtagna inom ett antal avgränsningar som har införts för att ge studien en rimlig omfattning. Till exempel har all provning genomförts i rumstemperatur. Med tanke på den miljö som stolparna förväntas verka i kan det vara intressant att undersöka hur de olika förbanden fungerar till exempel vid låga temperaturer. Vidare har provningen genomförts med nya stolpar. Med tanke på den livslängd som stolparna förväntas ha vore det även intressant att genomföra denna undersökning med hänsyn tagen till eventuella åldringsaspekter.

Resultaten från denna studie kan användas för att avgöra huruvida en belastning, som ett förband (stolptyp+infästningsdetalj) förväntas utsättas för, kan anses vara inom ett säkert intervall. Resultaten kan även användas för att jämföra hur väl en viss typ av infästningsdetalj fungerar ihop med de olika stolptyperna. På sikt skulle denna typ av provning kunna utgöra en del av ett certifieringsförfarande för nya elstolpar.

5 Referenser

- [1] "Kreosot," 20 08 2015. [Online]. Available: <https://www.kemi.se/sv/Innehall/Fragor-i-fokus/Kreosot/>.
- [2] "Klartecken för kreosot i ytterligare fem år," [Online]. Available: <https://www.kemi.se/sv/Innehall/Nyheter/Klartecken-for-kreosot-i-ytterligare-fem-ar/>. [Använd 20 08 2015].
- [3] M. Granlund, D. Vennetti och J. Jermer, "ELFORSK projekt 31074 Förstudie - Process för materialkontroll inom eldistributionsbranschen," SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2014.
- [4] M. Granlund, D. Vennetti och J. Jermer, "Kvalitetssäkring av stolpar av trä," SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2014.
- [5] D. Vennetti, "Offert COX42512: Hållfasthetsprovning av stolpar," SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2014.
- [6] E. Dartfeldt, "Alternativa stolpmaterial - Utvärdering av hållfasthetsegenskaper," SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2015.
- [7] "Elnätsmaterial," [Online]. Available: http://www.onninen.com/sweden/produkter/onnline/Documents/Flik_02_Elnatsmateriel.pdf. [Använd 20 08 2015].
- [8] "Produktspecifikation," [Online]. Available: http://media.jerol.se/2014/02/002-Kap2_Produkttabell-med-e-nummer_ver2.0_2015-04-27.pdf. [Använd 20 08 2015].
- [9] "Om Ecopole," [Online]. Available: <http://www.eco-pole.se/omecopole/>. [Använd 20 08 2015].

ALTERNATIVA STOLPMATERIAL

Här presenteras resultat som kan användas för att avgöra om den belastning som ett förband förväntas utsättas för kan anses vara säkert. Resultaten underlättar också vid jämförelser av hur väl en viss typ av infästningsdetalj fungerar tillsammans med olika stolptyper. Målet är att den här typen av provning ska kunna bidra till en certifiering av nya elstolpar.

Studien har undersökt vilken belastningskapacitet de olika infästningsdetaljerna pinnbult, fransk skruv och stagmärla har. Infästningsdetaljerna har provats tillsammans med kreosotimpregnerad trästolpe, kompositstolpe och fanerstolpe för att kunna jämföra hur väl de olika infästningsdetaljerna fungerar tillsammans med olika stolptyper.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk