



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

Författare Hanna Bruce	Datum 2019-04-15
Telephone direkt +46 10 505 44 59	Project-ID 6178671
Mobile/Email +46 76 146 31 22 hanna.bruce@afconsult.com	Rapport-ID 6178671-003 rev.01
Granskad Mikael Fridlund	Godkänd Carl Sjöberg

Utvärdering av falsfäste till Windon AB

Sammanfattning

Windon har tagit fram ett infästningssystem för solpaneler. I detta ingår en profil vilken paneler fästes till samt olika takfästen anpassade efter olika takbeläggningar. Windon önskar undersöka kapaciteten för systemets olika komponenter. I denna rapport är fästet som används för infästning i tak med falsad plåttäckning analyserat, kallat falsfäste. Resultat för fästet då det belastas med framtagna dimensionerande vindlast presenteras.

Analyserna visar att spänningar över de tillåtna uppträder då fästet belastas med last enligt rapport *6178671-001_rev.01*. Olinjära analyser visar att de kvarstående deformationer som fås då karakteristisk last på 3070 N belastar fästena är lokala och inte påverkar fästets funktion. Fästet havererar ej då dimensionerande last lagts på.

Skruvar som används för att fästa ihop plåtarna har tillräcklig kapacitet och antas ha en förspänningskraft på 17,1 kN/skruv.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

Rapportshistorik

Rev.	Orsak / ändring / sektion	Granskad		Godkänd	
		Datum	Sign.	Datum	Sign.
01	Första utgåvan	2019-04-15	MF	2019-04-15	CS



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

Innehåll

1	INLEDNING.....	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Omfattning	4
2	GEOMETRI	5
3	NORMER OCH DIMENSIONERINGSKRITERIA.....	5
4	MATERIAL.....	5
5	LASTER	6
6	FE-MODELL	6
7	SKRUVAR OCH HÅLKANTTRYCK	8
8	RESULTAT	8
8.1	FE-Modell	8
8.2	Skruvar och hålkanttryck.....	10
9	SLUTSATSER.....	10



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Windon har tagit fram ett system för infästning av solpaneler till tak. Solpanelerna fästes till infästningsprofiler som löper under solpanelsraderna. Denna profil är densamma oavsett takbeläggning medan infästningarna för profil till takkonstruktion varierar beroende på takbeläggning. I denna rapport undersöks kapaciteten för takfästet som används för tak med täckning av falsad plåt.

1.2 Omfattning

Rapporten innehåller beräkning av falsfästet då panelerna belastas med vindsug. Inga beräkningar för snölast är gjorda då dessa inte bedöms vara dimensionerande. Vid snölast kommer underliggande takkonstruktion stötta upp paneler vid stora laster.

Underliggande takkonstruktion i trä är inte analyserad utan endast Windons fästelement samt kapaciteten för skruvinfästningen till taket.

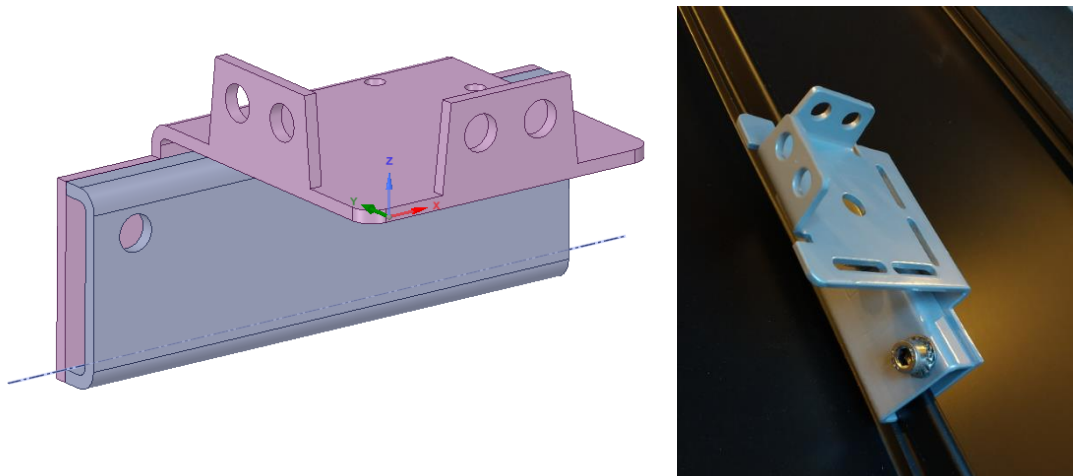


RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

2 GEOMETRI

Geometri för falsfästet är taget från STEP-filen *Falsfäste_1.STEP* (2019-03-21). Godstjocklek på 3 mm. Mindre radier tas bort för att underlätta framtagandet av mittytor till FE-modell. Fästet klämms runt fals med 3 st skruvar. Profiler fästes endast till öra vinkelrätt mot takfalsar, det vill säga panelerna är monterade stående.



Figur 1. Infästning till tak med falsad plåttäckning

3 Normer och dimensioneringskriterier

Gällande normer för utvärdering av stålkonstruktioner är SS-EN 1993-1-1, se referens [1].

Enligt SS-EN 1990 [2] skall

$$E_d \leq R_d \text{ där}$$

E_d = dimensionerande last

R_d = kapacitet

uppfyllas i brottgränstillstånd.

Dimensionerande last är tagen från rapport 6178671-001_rev.01 i vilken laster tagits fram utifrån SS-EN 1991-1-4 och EKS 10, referens [3] och [4].

Karakteristisk kapacitet skall enligt SS-EN 1990 divideras med en partialfaktor $\gamma_M=1.1$ för att få dimensionerande värde.

Gällande normer för utvärdering av stålförband och förbindare är SS-EN 1993-1-8, [5]. Den karakteristiska kapaciteten för förbindare skall i enlighet med denna norm divideras med en faktor $\gamma_M=1.2$ för att erhålla dimensionerande kapacitet.

4 Material

Samtliga delar som används för infästning till plåttak är av stålqualität S275 enligt uppgift från Windon. Materialdata enligt Tabell 1. Skruvar som används för infästning av profil till falsfäste samt för att sammanbinda de två delarna av falsfästet är rostfria och antas vara av kvalitet A2-80.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

Tabell 1. Materialdata

Material	Densitet ρ [kg/m ³]	Skjuvmodul G [MPa]	Poisson's tal ν	Elasticitetsmodul E [MPa]	Sträckgräns $f_{0.2}$ [MPa]	Brottgräns [MPa]
S275	7800	81000	0.3	210000	275	410
Skrubar A2-80	-	-	-	-	600	800

Ovanstående tillsammans med gällande normer, avsnitt 3, ger tillåtna spänningar enligt Tabell 2.

Tabell 2. Tillåtna spänningar

Material	Tillåten spänning [MPa]
S275	$R_d = \frac{f_{0.2}}{\gamma_M} = \frac{275}{1.1} = 250$
Skrubar A2-80	$R_d = \frac{f_{ub}}{\gamma_M} = \frac{600}{1.2} = 500$

5 Laster

Takinfastningarna är endast utvärderade mot vindlast. Fallet snölast medför att profilerna stöttas av den horisontella delen av infästningsplåten under profilen samt att underliggande takkonstruktion kommer stötta upp paneler och profiler då de börjar böja ner. Detta medför att vindlast blir dimensionerande för infästningarna.

Vindlasten som verkar på taket resulterar i ett sug på panelernas ovansida. Detta ger i sin tur att takfästena belastas med en uppåtriktad last. I rapport 6178671-001_rev.01 är takinfästningarna satta med ett avstånd på 1800 mm. Från denna rapport är den största last som verkar på takinfästning tagen.

Detta resulterar i en vertikal uppåtriktad last på 4606 N samt en utdragslast på 135 N på bultarna mellan profil och takfäste. Falsfästena sätts med ett avstånd på max 1200 mm. För att få fram vilken last som verkar på falsfästet skalas därför lasten från "profil". Får då en last på $4606 \cdot (1,2/1,8) = 3070$ N. I analyser av takfästena har bortsetts från utdragslasten då denna är mycket liten i förhållande till den vertikala lasten. Varje panel, som är styv, fästes till två parallella profiler vilket även minskar effekten av utdragslasten.

6 FE-modell

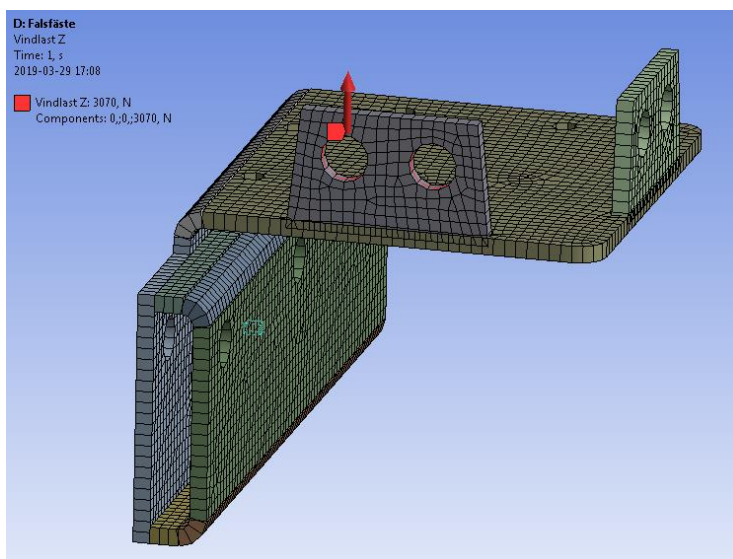
Analyserna är genomförda i Ansys version 19.2 och baseras på STEP-filer erhållna av Windon. Soliderna i dessa filer har konverterats till skal med hjälp av Spaceclaim 19.2.

En FE-analys med linjär analys och last enligt avsnitt 5 genomförs. Lasten läggs på de skruvhål där profilen fästs till stockskruvsfästet, se Figur 2. Själva örat där profilen är infäst är hindrat att rotera i samtliga riktningar.



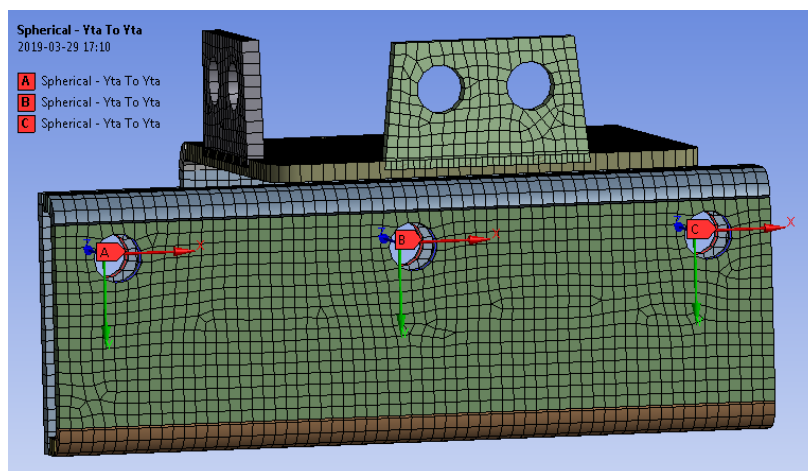
RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01



Figur 2. Figuren visar meshad FE-modell med last från profil i öra

Skruvvar som används för att spänna ihop falsfästet med klämplåten modelleras genom att låsa samtliga translationer för dessa bulthål. De är dock fria att rotera. Bultarna i FE-modellen syns i Figur 3.



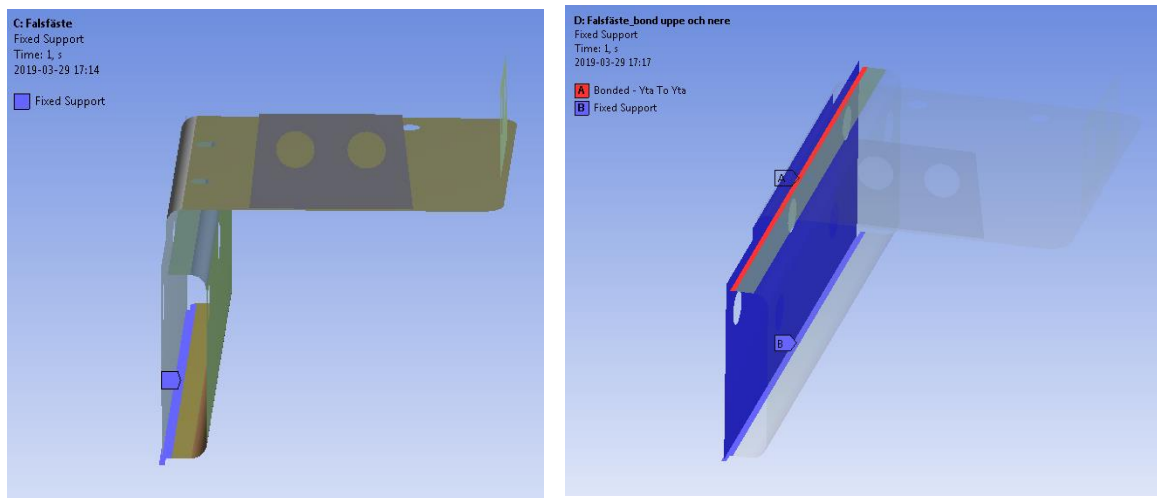
Figur 3. Skruvar som håller ihop falsfäste och klämplåt

De nedre kanterna låses i samtliga translationer medan den övre kanten av klämplåten låses till falsfästet för att modellera fastklämningen kring falsar, se Figur 4. För att verifiera att fästet sitter kvar då det belastas med en uppåtriktad last, det vill säga att pålagt randvillkor uppfylls beräknas vilken last som skruvarna klarar klämma fast. Med en förspänningskraft på 17,1 kN/skrub fås att den horisontella klämkraften kring falsen vid fästets nederkant till 10,6 kN. Med en friktionskoefficient på $\mu=0,2$ fås en total friktionskraft på 2,1 kN. Eftersom det fås friktion på båda sidor om falsen kan alltså en last på $2*2,1=4,1$ kN hållas emot med hjälp av friktion. Den last som läggs på är mindre än detta varför fästet inte kommer att röra sig.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01



Figur 4. Randvillkor och kontakt som används för att modellera fastklämningen kring fals

Även en olinjär FE-analys genomförs, för att utvärdera när bestående deformationer fås och huruvida infästningen havererar. Kvarstående deformationer utvärderas mot karakteristisk last, alltså den faktiska lasten, medan haveri kontrolleras mot den dimensionerande lasten enligt [2].

7 Skruvar och hållkantryck

Lasterna på de 3 st M8-skruv som används för att spänna ihop falsfästet och klämplåt hämtas från den linjära analysen. De antas ha en förspänningskraft på 17,1 kN/skruv, se avsnitt 6.

Lasterna på bultarna används för att kontrollera hållkantryck. Vid beräkning av hållkantryck skall enligt [5] hålets placering i förhållande till kant av plåt och inbördes avstånd till andra hål uppfyllas. För hål i örat till vilken profilen fästes uppfylls inte dessa krav. Windon har informerats om detta men då det inte går att modifiera öra 2's geometri, då det skall passa inne i profilen, modifieras ej öronen för att uppfylla dessa krav. Beräkningarna är gjorda med detta avsteg från geometriska krav.

8 Resultat

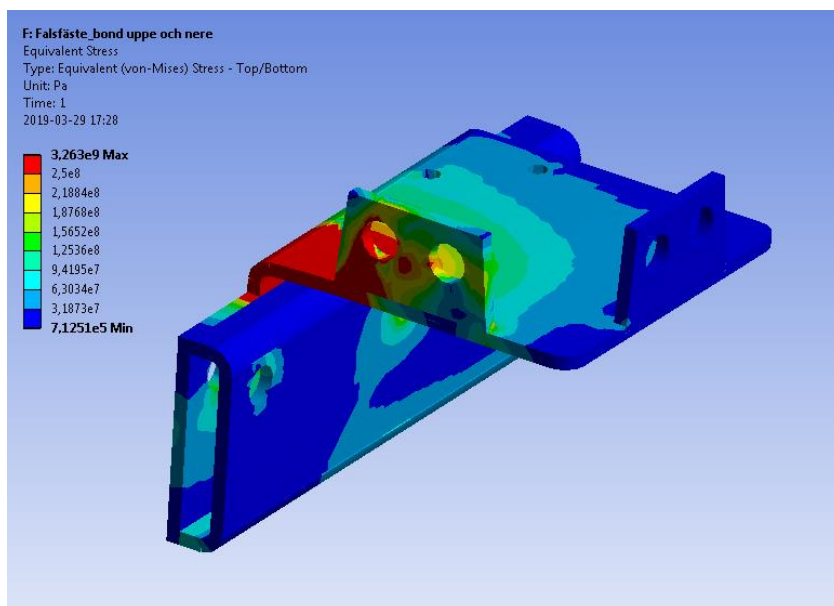
8.1 FE-Modell

Den linjära analysen ger att tillåten spänning på 250 MPa överskrids, se Figur 5.



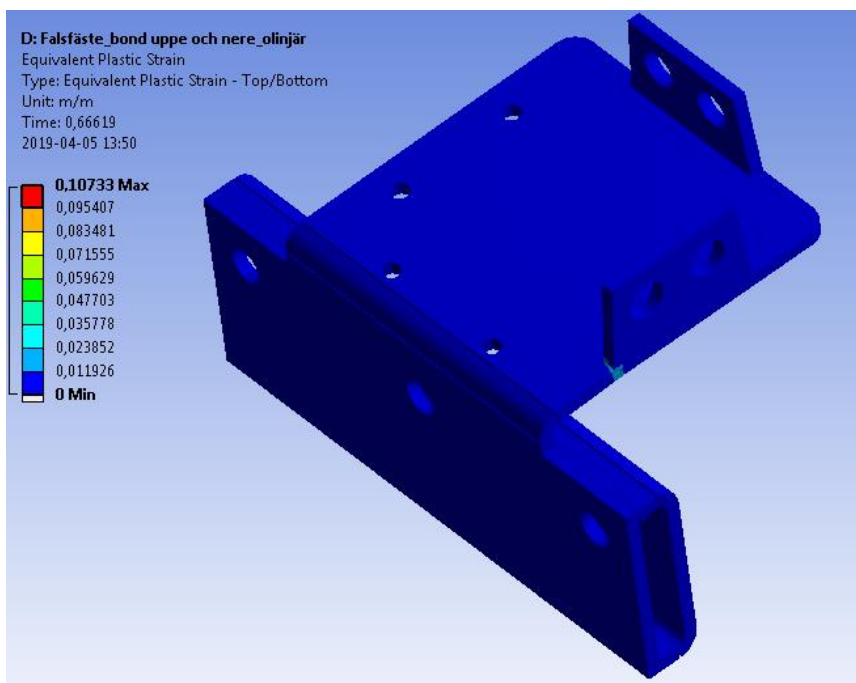
RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01



Figur 5. Resultande spänning för linjär analys. För röda områden är spänningen högre än tillåten

Den olinjära analysen ger att kvarstående deformationer fås då den karakteristiska lasten på 3071 N/1.5= 2047 N lagts på. Området där dessa uppstår är lokalt och påverkar inte fästets funktion. Plastiska töjningar vid last på 2047 N visas i Figur 6. Grafer över hur de plastiska deformationerna ökar med lasten visas i Figur 7. Då dimensionerande last, 3071 N, lagts på havererar inte infästningarna.

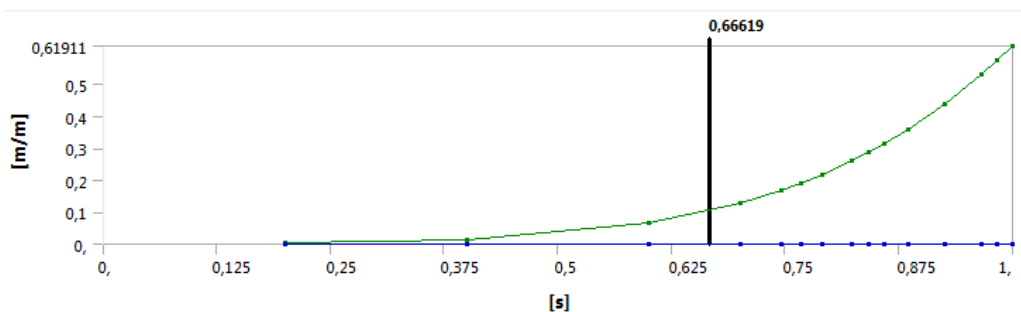


Figur 6. Plastiska töjningar då den karakteristiska lasten på 2047 N lagts på



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01



Figur 7. Plastiska töjningar vs last. Vid tiden 1 s har hela lasten på 3071 N lagts på

8.2 Skruvar och hållkantryck

I Tabell 3 är laster och utnyttjande av skruvar redovisade.

Tabell 3. Laster och utnyttjande av skruv till profil

Skruv	Max skjuvlast (N)	Skjuvkapacitet (N)	Max axiell last (N)	Axiell kapacitet (N)	Utnyttjande kombination skjuv- och axiell last
Skruv till profil	2303	15 000	135	22 000	0.16
Skruvar falsfäste-klämplåt	656	15 000	628	22 000	0.07

I Tabell 4 är hållkantryck utvärderat för maxbelastad skruv. De 3 skruvarna som håller ihop falsfästet och klämplåten belastas med lite skjuvlast och behöver därför ej kontrolleras.

Tabell 4. Kontroll hållkantryck

Position	Max last (N)	Kapacitet (N)	Utnyttjande
Skruvar till profil	2303	2440	0.94

9 Slutsatser

Analysresultaten visar att spänningar över de tillåtna uppkommer för falsfästet. De kvarstående deformationer som fås för den karakteristiska lasten på 2047 N är lokala och påverkar inte fästets funktion. Vid den dimensionerande lasten på 3071 N havererar inte fästet.

Har de tre skruvarna som håller ihop falsfästet och klämplåten en förspänningskraft på 17,1 kN/skruv fås tillräcklig friktion för att fästet inte skall glida. Skruvar och hållkantryck klarar den dimensionerande lasten på 3070 N.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-003 rev.01

Referenser

- [1] SS-EN 1993-1-1, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader
- [2] SS-EN 1990, Eurokod: Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
- [3] SS-EN 1991-1-4, Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster - Vind
- [4] EKS 10, Boverkets konstruktionsregler
- [5] SS-EN 1993-1-8, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-8: Dimensionering av knutpunkter och förband

Följande handlingar har undertecknats den 15 april 2019



Rapport_6178671-003_Falsfäste.pdf
 (751505 byte)
 SHA-512: 099ed18afa15995d5a9def0243dbe53dbbc1
 8b50e51ce9b1f7fd383eb7cbde9ef40d80a4b241eb91b1
 09196c3225d8973fe0528797e84e3ea3e093c75c53028

Handlingarna är undertecknade av

2019-04-15 08:15:25 (CET)



Hanna Bruce, ÅF-Industry AB

hanna.bruce@afconsult.com
 194.103.240.26

+46761463122
 Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:50:09 (CET)



Carl Sjöberg, ÅF-Industry AB

carl.sjoberg@afconsult.com
 194.103.240.26

+46703791471
 Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:20:03 (CET)



Mikael Fridlund, ÅF-Industry AB

mikael.fridlund@afconsult.com
 194.103.240.26

+46722410288
 Undertecknat med SMS



Undertecknandet intygas av Assently



Rapport_6178671-003_Falsfäste.pdf

Verifiera äktheten och integriteten av detta kvitto genom att skanna QR-koden till vänster.
 Du kan också göra det genom att besöka <https://app.assently.com/case/verify>

SHA-512: 656f612aebbc664d4ac1ae1b29feed710a09d1d5b6a61a9cf58a9eaeaf8e
 d8032d33f13b43a8e439ba90e17ab5578ca5db5c4d13eb7ab3021fad8cae312065994

Om detta kvitto

Dokumentet är elektroniskt undertecknat genom e-signeringsplattformen Assently i enlighet med eIDAS, Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 910/2014. En elektronisk underskrift får inte förvägras rättslig verkan eller giltighet som bevis vid rättsliga förfaranden enbart på grund av att underskriften har elektronisk form eller inte uppfyller kraven för kvalificerade elektroniska underskrifter. En kvalificerad elektronisk underskrift ska ha motsvarande rättsliga verkan som en handskreven underskrift. Assently tillhandahålls av Assently AB, org. nr. 556828-8442, Holländargatan 20, 111 60 Stockholm, Sverige.