

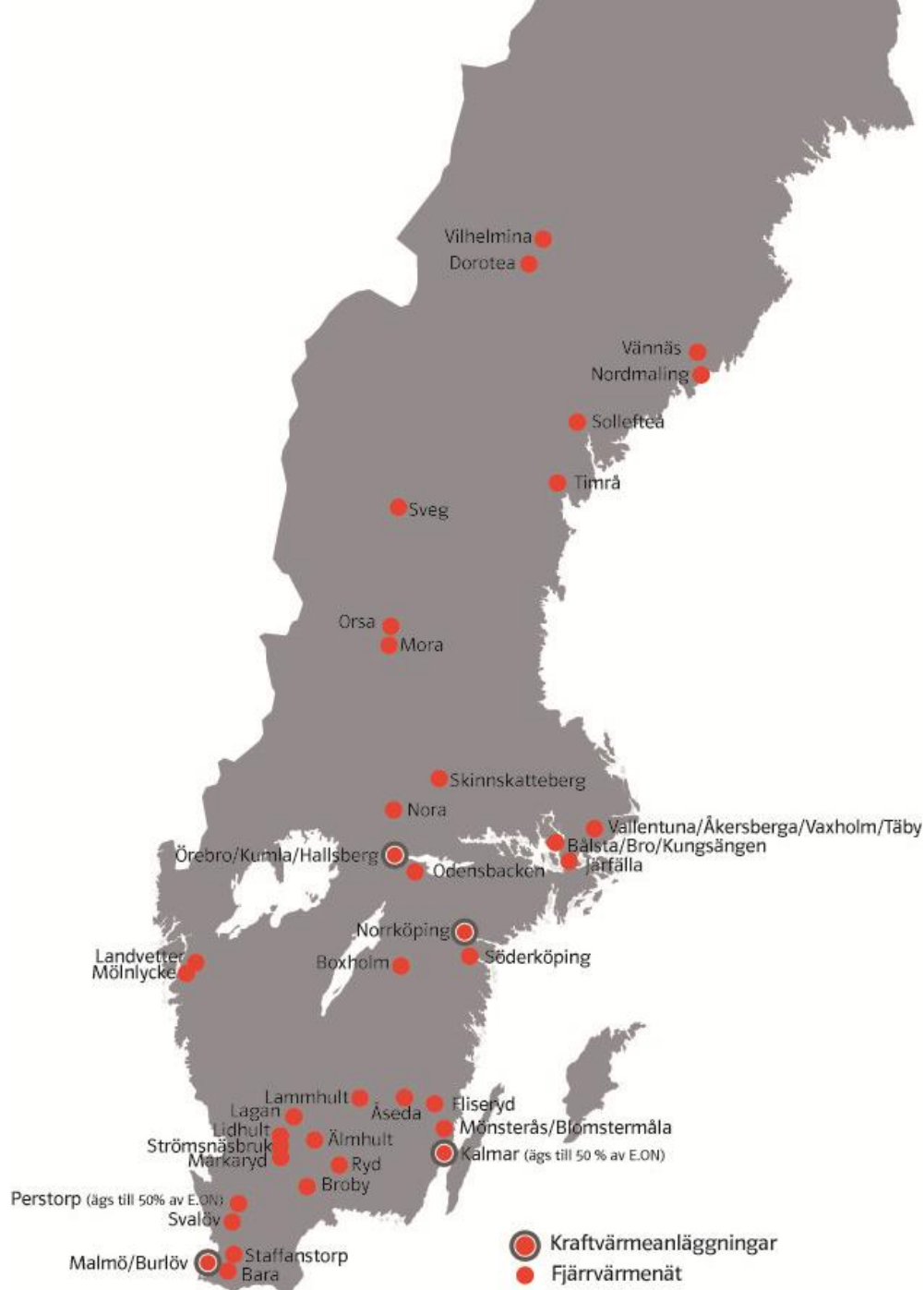


E.ON Värme Sverige AB

Turbinhaveri Åbyverket den 6 oktober 2012

Temadag Skadegruppen 2013, Stockholm 13 November 2013
Mikael Palmgren, teknikchef E.ON Värme

e-on



E.ON Värme

Ett 40-tal fjärrvärmenät från Malmö i söder till Vilhelmina i norr

E.ON Värmes nyckeltal 2012

Omsättning	4 700 MSEK
Producerad volym	6,5 TWh värme 0,5 TWh ånga 0,03 TWh kyla 0,6 TWh el
Kunder	32 000 anslutningar 25 000 kunder
Anställda	520 anställda



Stefan Håkansson, VD E.ON Värme



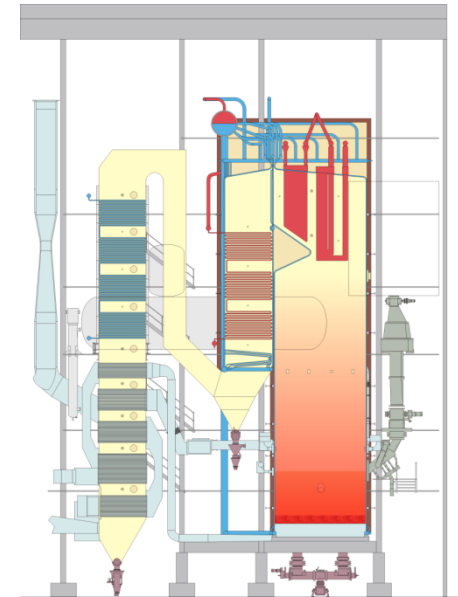
E.ON Värme, Åbyverket Örebro Haveri turbin G4 den 6 oktober 2012 - Orsaksutredning

Temadag Skadegruppen 2013
Mikael Palmgren, teknikchef E.ON Värme

Bakgrund

Projekt "Bio70" E.ON Värme Sverige AB
Åbyverket, Örebro:

- 70 MW biobränsle FB Panna (Andritz)
- 24 MW_e /46 MW_v mottrycksturbin(TGM-Kanis/Renk/Converteam)
- Varvtal 6800 rpm / 1500 rpm
- Admissionsdata: 140 bar / 540°C
- Planerat övertagande 12/12 2012



e-on

Varm driftsättning av turbin G4 den 6/10 2012 resulterar i turbinhaveri och stora skador på Åbyverket

- Första dagen av leverantörens driftsättningen av turbinen med ångpådrag (varm driftsättning).
- Maskinen rullas upp till normalt varvtal, ligger där under dagen och olika kontroller av turbin och generator görs av driftsättarna
- Maskinen går utmärkt, med låga vibrationer och fin gång
- Sista åtgärd innan driftsättningen avbryts för dagen är att kontrollera turbinens övervarvskydd.
- Under detta prov förlorar driftsättarna kontrollen över turbinen
- På några sekunder totalhavererar turbinen ("explosionen"). Lösa delar slungas ut från området mellan turbin och växellåda. Aggregatets huvudmatningsledning för smörjolja slås sönder och den utströmmande oljan antänds. TGM driftsättningsledare stoppar turbinens elektriska smörjoljepumpar.
- Kontrollrumspersonalen agerar snabbt och tar Åbyverket ur drift till säkert läge innan de evakuerar kontrollrummet.
-men branden pågår nästan 6 timmar

Följdeffejder av haveriet då det kunde överblickas

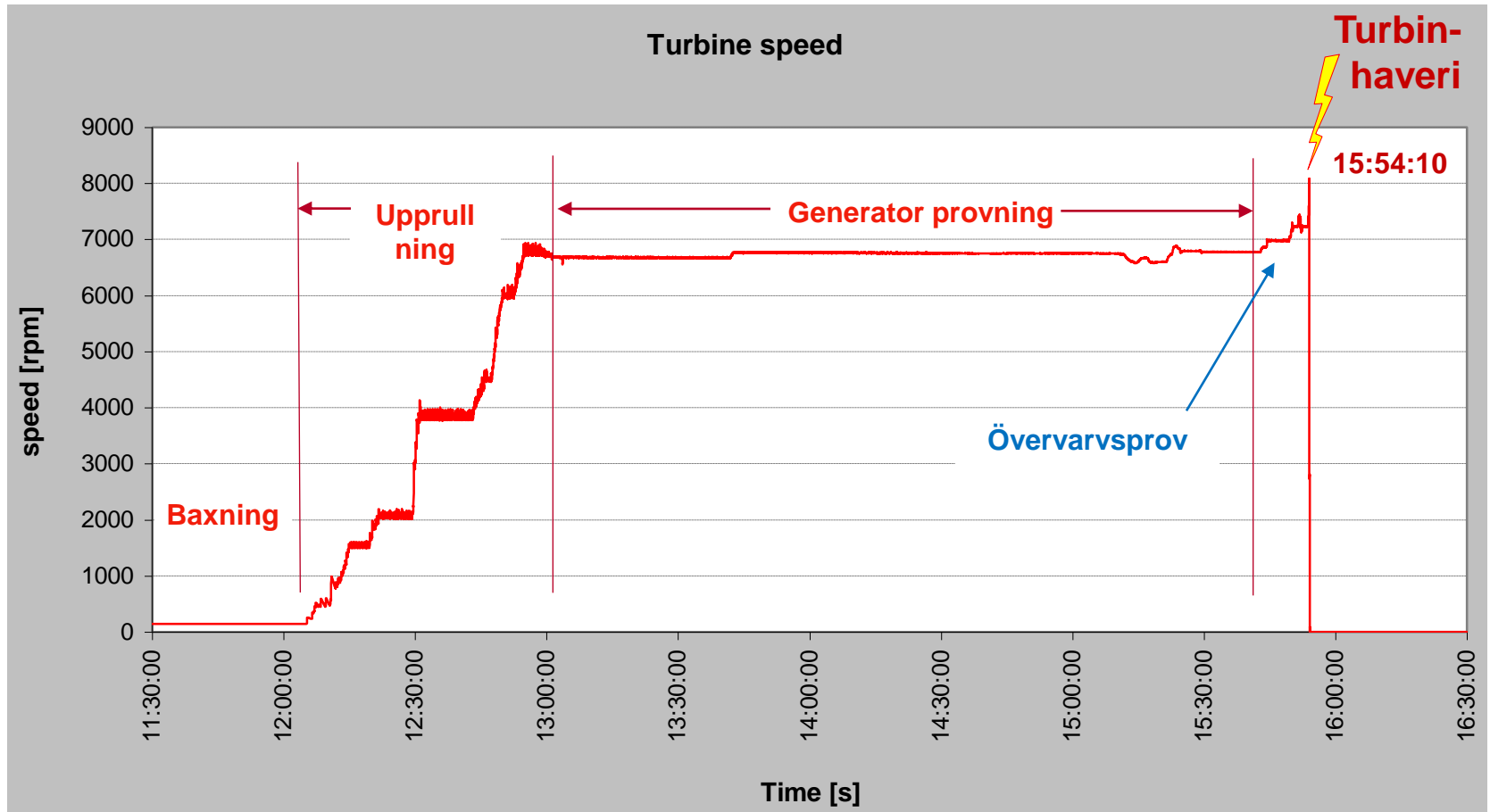


- Inga personskador
- Turbinhallstaket allvarligt skadat
- Åbyverket i stort sett ur drift
- 1028 kablar (kraft- och signalkabel) skadade
- Direkt högre produktionskostnader eftersom ÅP5 och G3 påverkades. Försening av övertagandet av nya panna P6 med ca 3 mån.
- Återställningsarbetet var komplicerat och innehöll flera riskmoment.
- Fokus på "Safety First" har varit ledstjärna och säkerar att återställningsarbeten sker utan personskador

Intervjuer och ögonvittnesskildringar

- Normal drift upp till och sedan vid nominellt turbinvarvtal (100%, 6800 rpm) varefter planerade generatorprov genomfördes på detta varvtal – 1500 rpm
- Turbinen hela tiden i tomgång med ofasad generator
- Beslut togs efter detta av driftsättningsteamet (SAR/TGM) att genomföra första övervarvsprovet (övervarvskydd ställt på 110%, 7476 rpm).
- Varvtalet ökades från 6.800 till cirka 7.200 rpm
- För att öka varvtalet ytterligare krävdes speciella justeringar i turbinens styrsystem, det överenskoms i teamet att göra dessa och de gjordes.
- Maskinen varvar plötsligt, hastigt upp, inom några sekunder åtföljt av kraftigt ljud, explosion och flammor slår upp från området mellan turbin och generator. Ett smattrande ljud hörs vid två tillfällen, troligen strax före explosionen (inte helt säker turordning då flera vittnen påpekade att det ju skedde väldigt snabbt)
- En våldsamt eldsvåda i turbinhallen
- Evakuering av byggnaden

Sekvensen för varma prov den 6/10 2012



Händelserlistor – utdrag av noterbara händelser

- Fel i varvtalsmätning (som framgick av loggar i 800xA)
- Ökning av ångflöde, hög laständringshastighet
- Höga vibrationer turbinlager högtryckssidan
- “Bladet skydd” – begränsningslogik i ingrepp
- Bortfall av vibrationsmätning på turbinens lågtryckssida och växelns högvarvssida.
- Höga vibrationer växel lågvarvssida och på båda generatorsidorna
- Automatisk turbintripp, oklart vilken orsak
- Lågt oljetryck
- Nödstopp turbin aktiverat
- Bortfall av lägesindikator snabbstängningsventil
- Bortfall vibrationsgivare växel lågvarvssida
- Manuellt stopp av AC and DC oljepumpar

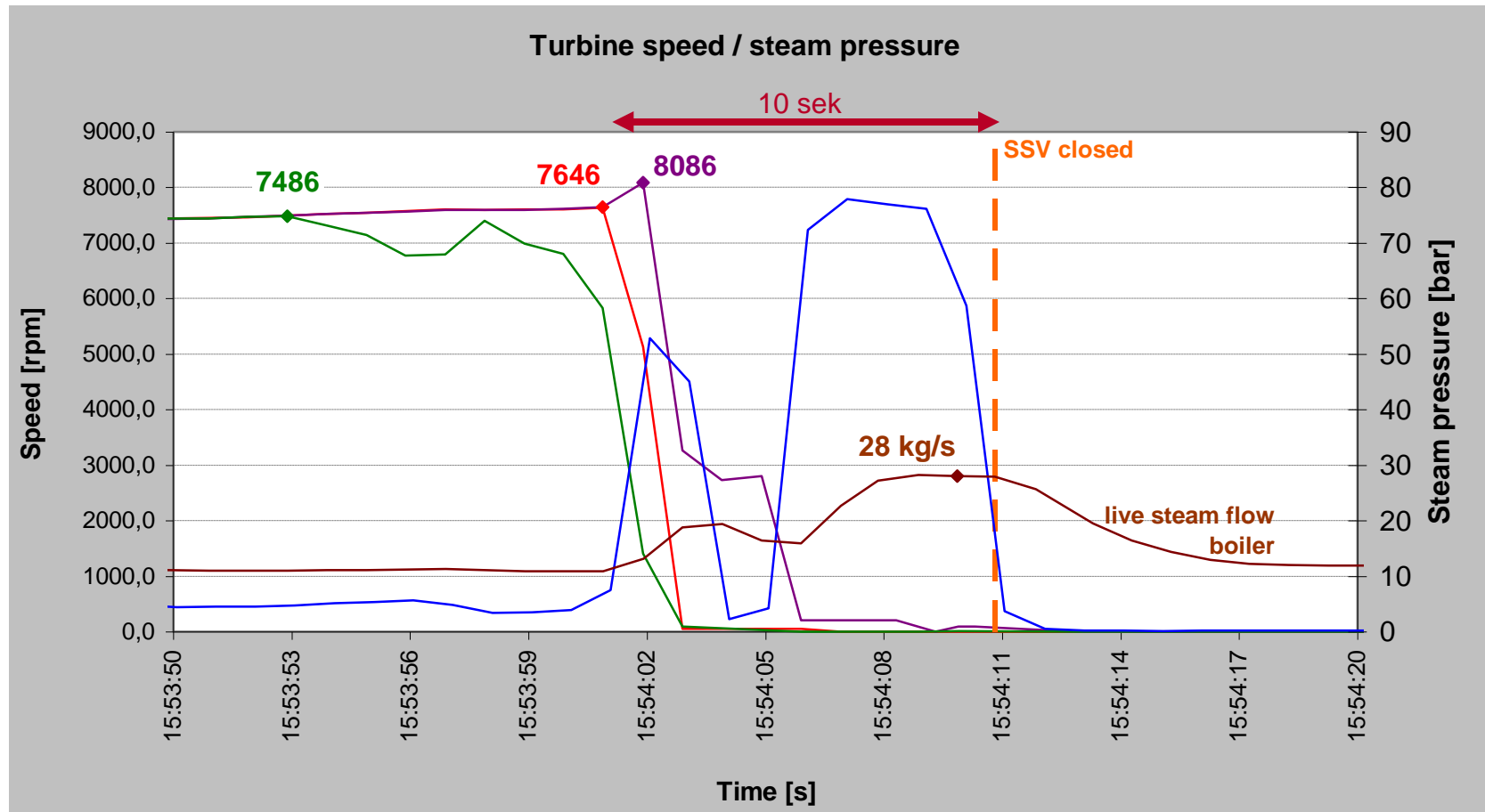
Process data - sammanställning

Speed probe 1

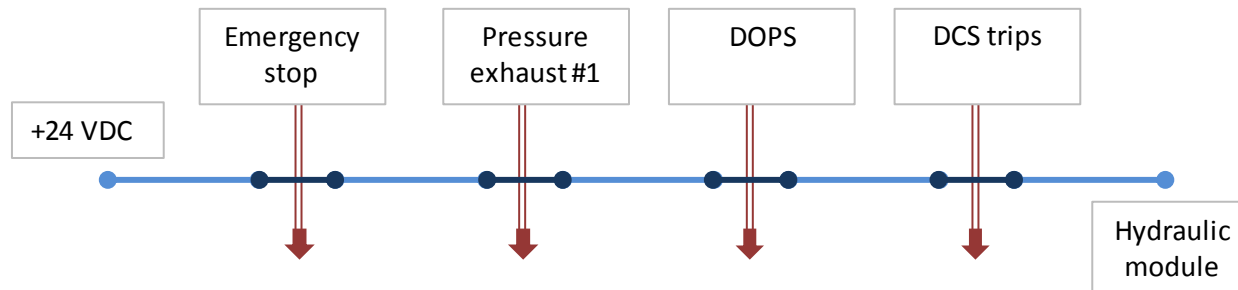
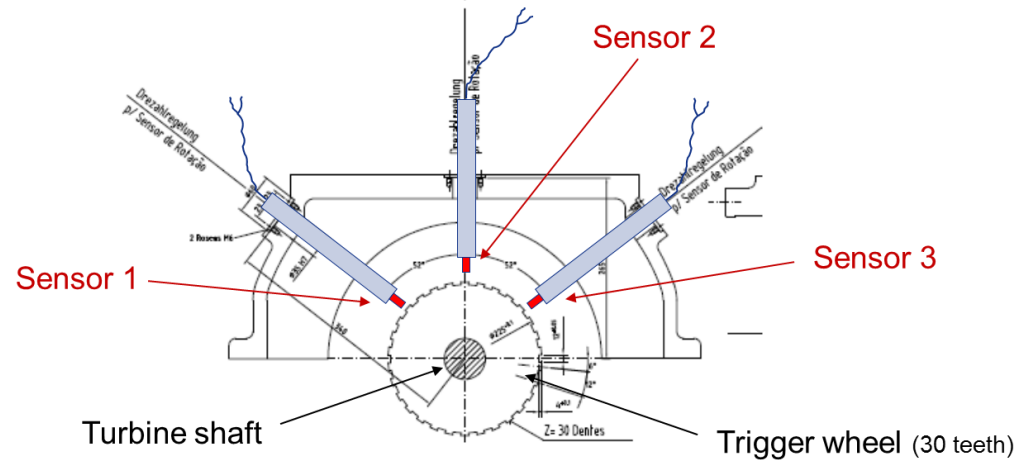
Speed probe 3

Speed probe 2

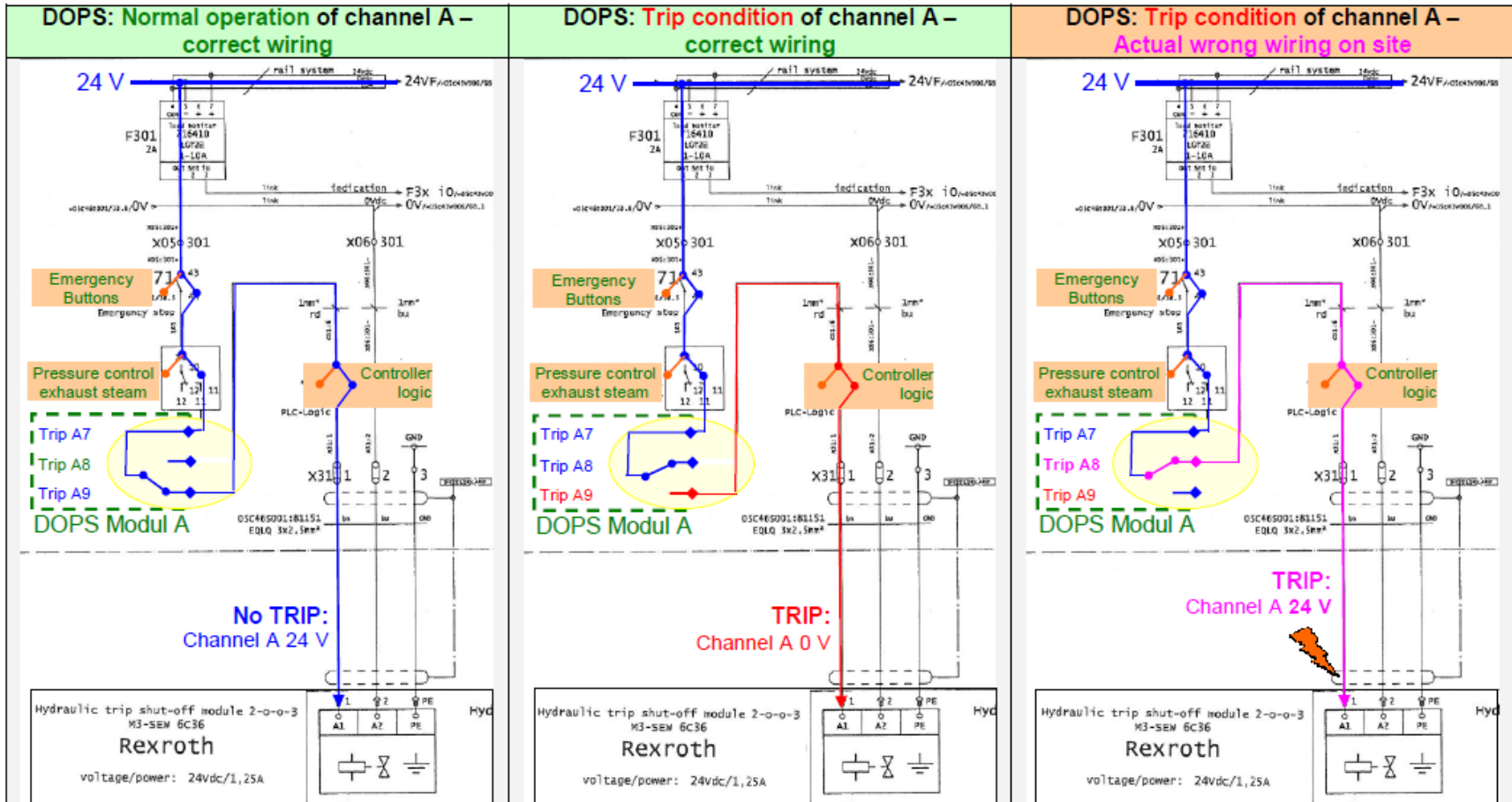
Steam pressure wheel chamber



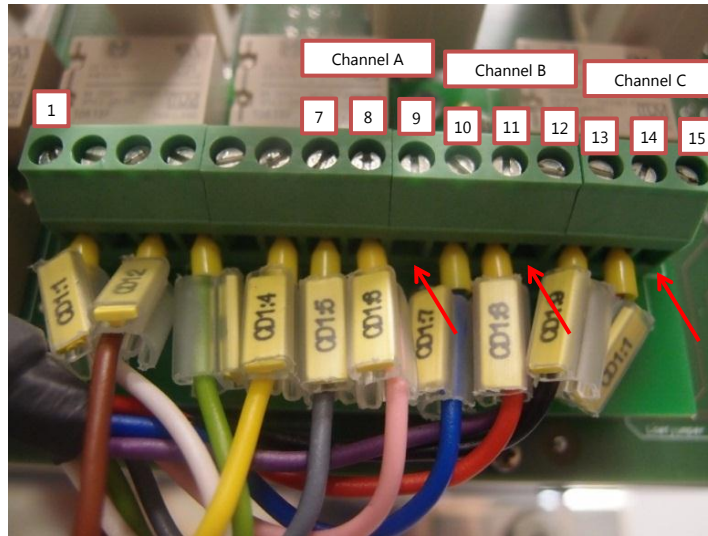
Varvtalsmätning och övervarvsskydd "DOPS" (Digital Over Speed Protection)



Grundorsaken – Felaktig anslutning av DOPS



Grundorsak 1 – övervarvskydd DOPS (Digital Over Speed Protection)



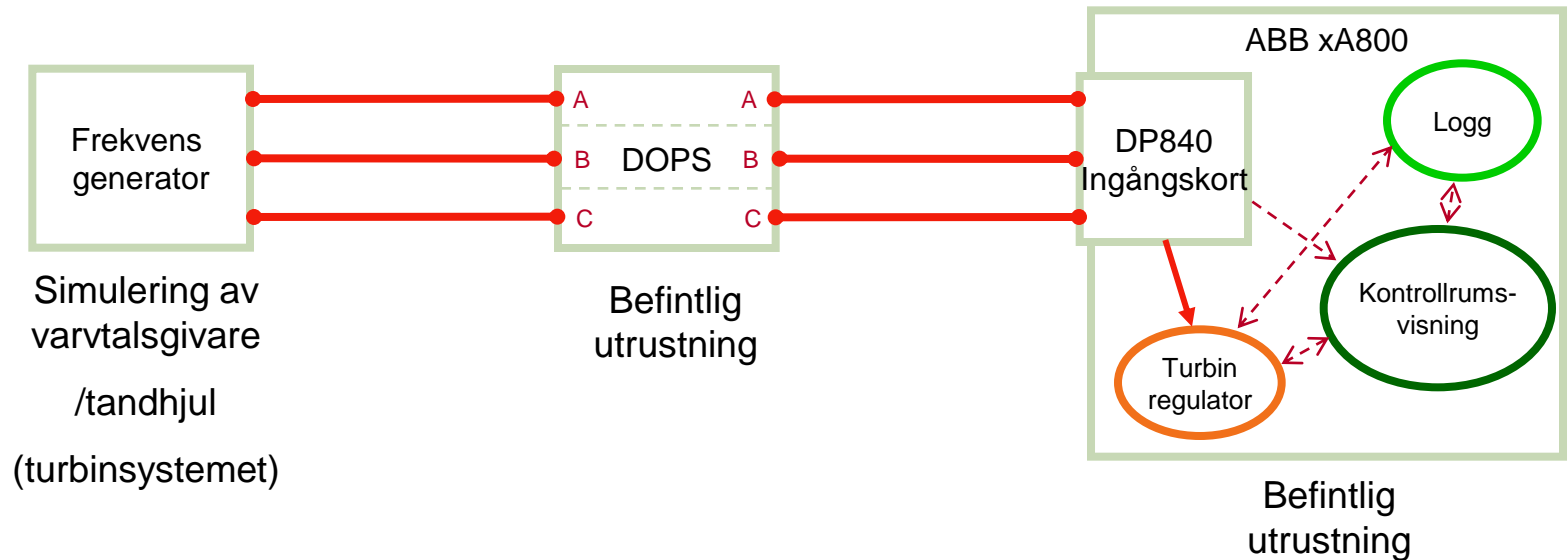
- Efterföljande tester visar att DOPS enheten i sig fungerar korrekt
- DOPS övervarvskydd kan inte trippa turbinen eftersom
 - Skyddet återställdes inte före upprullning
 - Fel kabelanslutning på alla tre kanalerna

Slutsatser DOPS övervarvskydd

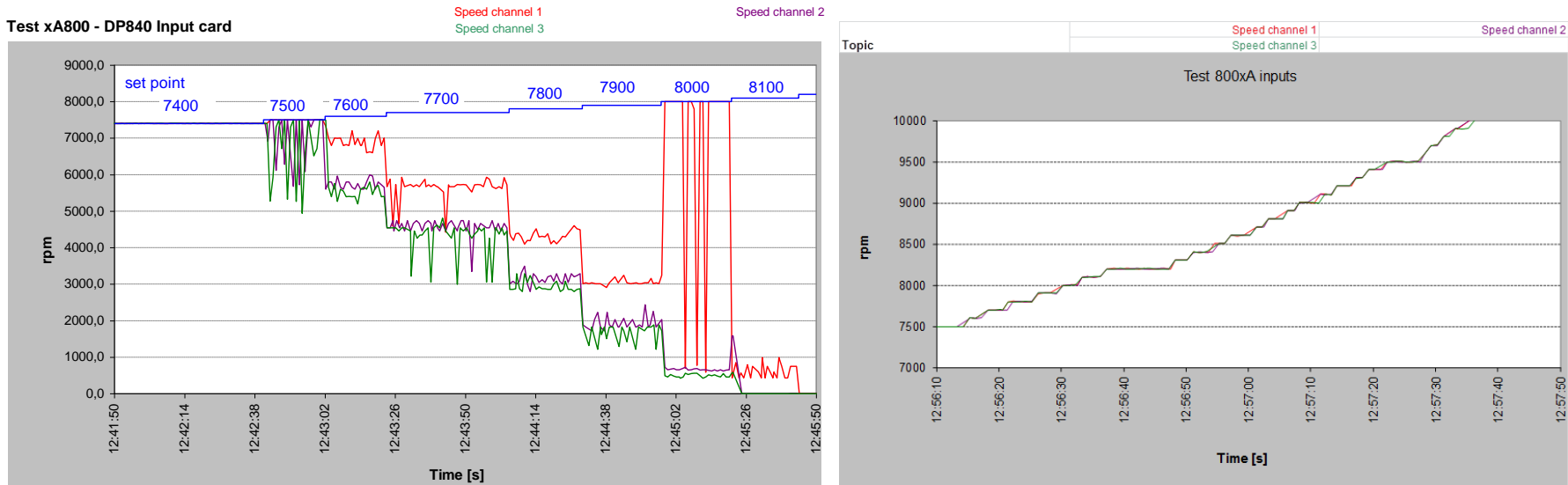
- Efterföljande tester i ställverksrummet bekräftar en felfri funktion för den levererade DOPS utrustningen. Testprocedurernas riktighet har bekräftats av tillverkaren EPRO.
- DOPS måste ha stått i trippläge redan då maskinen rullades upp för första gången med ånga. Detta indikeras av gula LED på utrustningens panel.
- Den felaktig inkoppling av skyddet som konstaterades i apparatskåpet möjliggjorde upprullning av turbinen trots att skyddet var utlöst och ej återställt alltså start var möjlig från ett osäkert läge
- Därmed kunde inte övervarvskyddet överhuvudtaget tillföra någon aktiv funktion, skyddet var i praktiken deaktiverat redan vid starten av turbinen.
- DOPS har en funktion där högsta uppmätta varvtal lagras tills skyddet återställs. Dessa avlästes till:
 - kanal A: 11.284 rpm
 - kanal B: 11.281 rpm
 - kanal C: 11.277 rpm

Kontroll av signalbehandlingen från DOPS i styrsystemet i anläggningen

Provkonfiguration



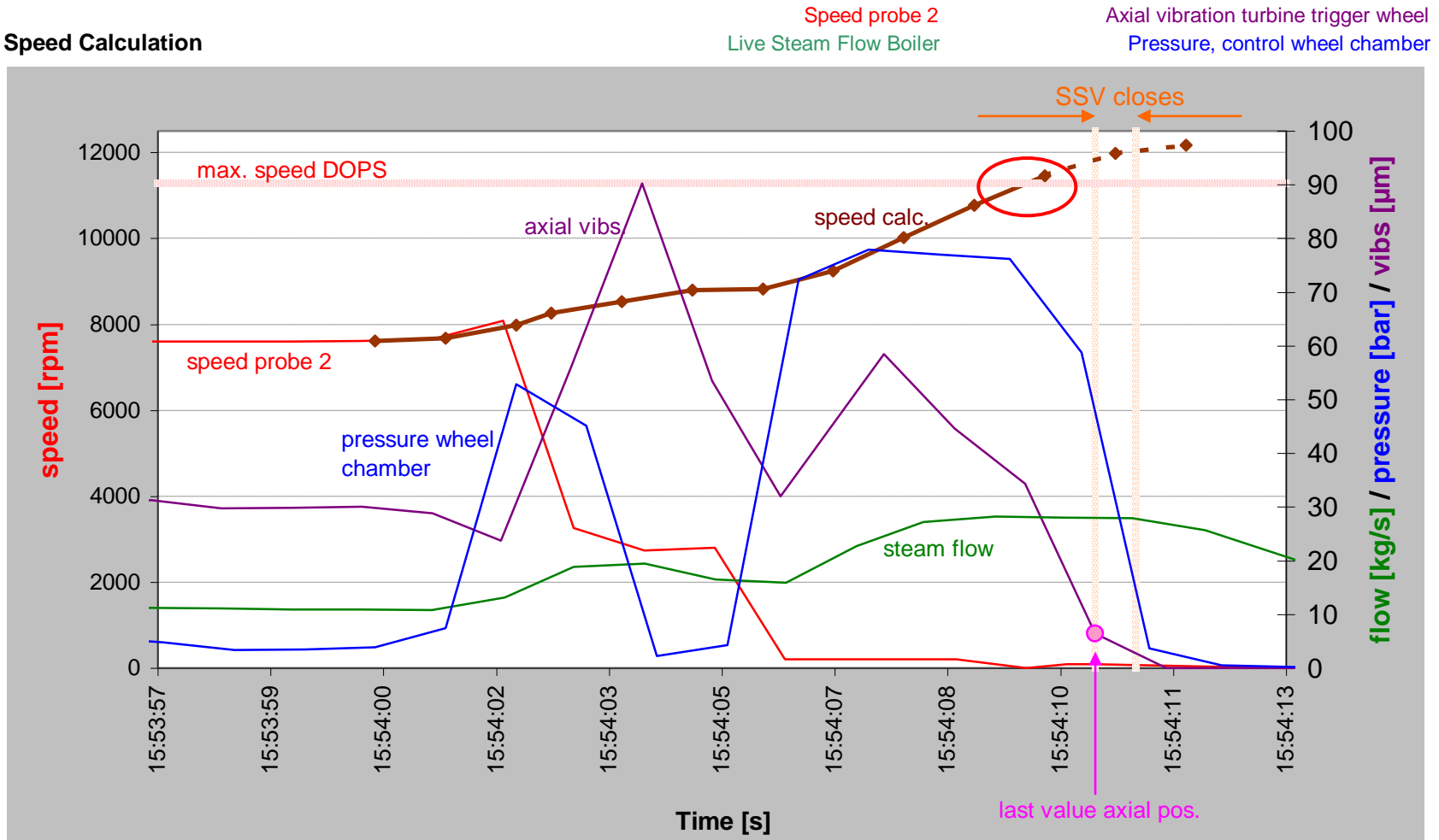
Resultat – varvtalsvisning i styrsystemet



- Upprepade tester visade konsekvent samma fel i varvtalsmätningen i 800xA som noterades strax före haveriet.
- Efter konsultationer i ABB ändrades parametern "Filter time" i konfigurationen av ingångskortet.
- ABB förklarar att den ursprungligen använda filtertiden var olämplig för den aktuella tillämpningen.
- Efter ändring av "Filter time", från 100 till 10 μ s, på DP840 kunde korrekt funktion verifieras

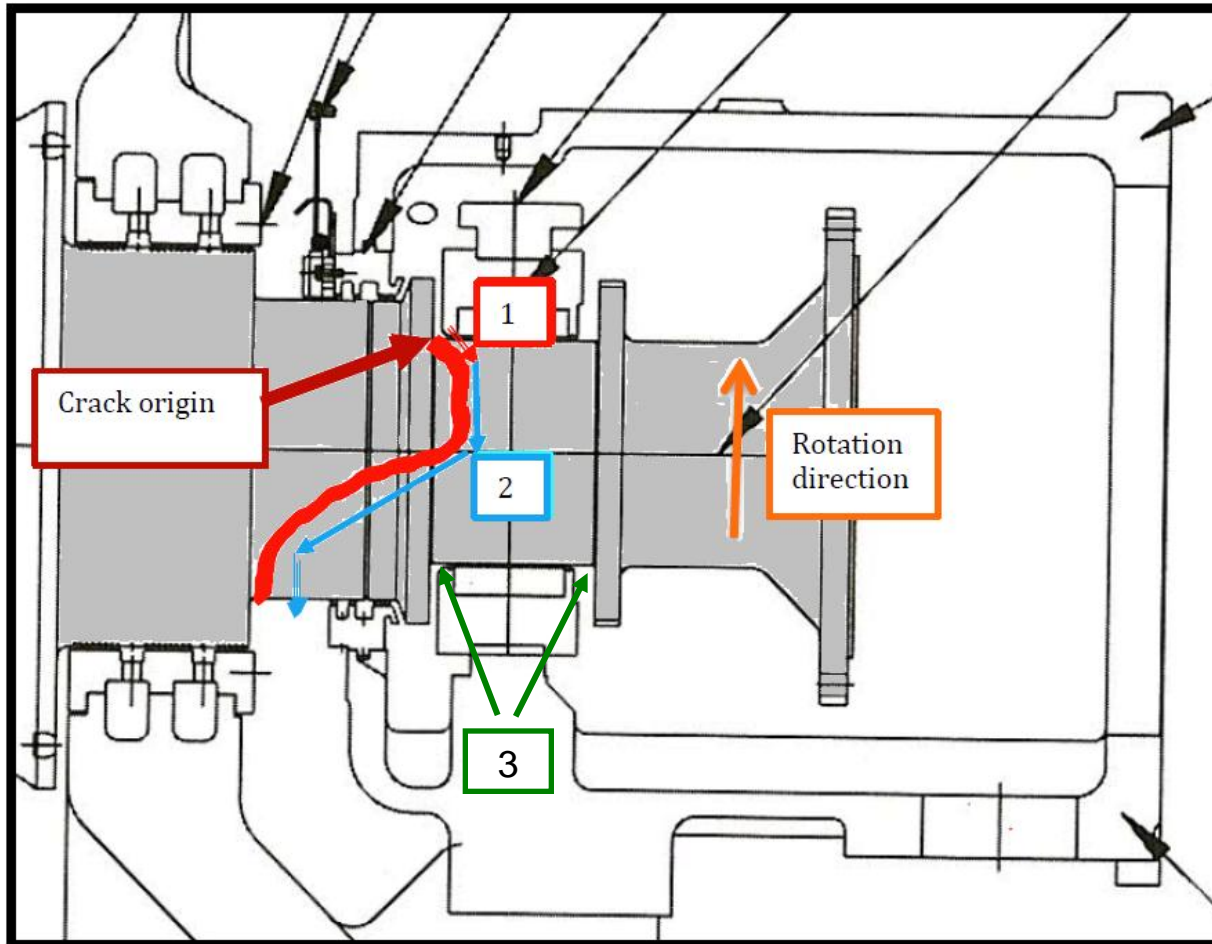
Beräkning av varvtal

Speed Calculation



- Beräkningen pekar mot samma varvtal som återfanns i DOPS minnet

Materialundersökningar – Turbinaxel



- 1 Segt laminärt brott (LCF)
- 2 Sprött brott
- 3 Hålkäl enligt ritning:
R = 2.5 mm

 **MATERIEX**

e-on

ÅF : Slutsatser 1/2

- DOPS var inte aktivt på grund av två orsaker
 - Trippläget återställdes ej
 - Fel utgång från DOPS ansluten till säkerhetskedjan
- DOPS funktionen testades uppenbarligen aldrig som det föreskrivs i TGM:s driftsättningsinstruktion
- Parametersättning för 800xA ingångskorten var felaktig vilket orsakade fel i varvtalsöverföringen som i systemet tolkades som snabbt minskande varvtal och resulterade i mycket hastigt ångpådrag och varvtalsökning
- Design av rotoraxel är acceptabel men kan förbättras.
- Tillverkningen av turbinaxeln behöver kontrolleras
- Förbättringar i turbinens styrsystem behövs på mjukvarusidan, , speciellt avseende utcheckning o provning.
- Generellt måste driftsättningsrutinerna förbättras.

ÅF: Slutsatser 2/2

- Med en korrekt inkopplad DOPS funktion är det troligt att felet som fanns i parametersättningen för DP840 ingångskortet aldrig upptäckts eftersom DOPS hade trippat turbinen före eller samtidigt som felet i signalbehandlingen uppstår.
- Rent teoretiskt är det heller inte troligt att haveriet inträffat om felet i varvtalsmätning i styrsystemet inte funnits. Detta baseras på antagandet att driftsättningspersonalen insett att det var något fel i DOPS funktionen i tid och i ett scenario med långsam och kontrollerad varvtalssökning och då varvtalet passerar trippgränsen 7.476 rpm med marginal följaktligen manuellt (nödstop) stoppat maskinen och felsökt.
- Det var alltså kombinationen av dessa två fel som möjliggjorde turbinhaveriet

En ny G4 - "Mark 2" – är under tillverkning

- Komplettnytt turbinaggregat är under tillverkning
- Levereras till Åbyverket i början av december 2013. Driftsättning o fasning under mars 2014.
- Tillägg till ursprungligt kontrakt
 - Mekaniskt övervarvskydd kompletterar det digitala skyddet.
 - Utökning av driftsättningsrutinerna med en inledande "SAT 0" som beställaren bevittnar. Striktare "sign-off" i driftsättningsfasen.
 - Splitterskydd över höghastighetskopplingen
 - Förbättringar i turbinregulatorns logik
 - Ändrad layout för oljeledning på turbinfundamentet
 - Utökad kontrollplan
 - Smärre modifieringar av infästning av axiallager.
 - Dimsläcksystem runt turbinen
 - Varvtalsmätning även på lågvarvssid