



Akte Reaktordruckbehälter Doel 3 und Tihange 2: Schlussfolgerungen des Berichts von Electrabel

Akte Wasserstoffeinschlüsse: Kontextbericht Wiederinbetriebnahme Doel 3/Tihange 2

Einleitung

Die Föderalagentur für Nuklearkontrolle hat am 17. November 2015 entschieden, die Wiederinbetriebnahme von Doel 3 und Tihange 2 zu gestatten. Diese Entscheidung wurde getroffen, nachdem Electrabel die erste Fassung seiner Abschlussberichte (Safety Cases) am 17. Juli 2015 eingereicht hatte. Am 28. Oktober wurden die fertiggestellten Berichte übermittelt.

Auf Basis aller Inspektionen, der zusätzlichen Tests und der mehr als 1.500 Materialprüfungen und detaillierten Analysen bestätigt Electrabel, dass die strukturelle Integrität der beiden Behälter in jeder Situation – im Normalbetrieb oder bei einem Unfall – gewährleistet ist und dass alle Sicherheitsanforderungen umfangreich erfüllt werden. Die Wiederinbetriebnahme beider Reaktoren ist deshalb berechtigt.

Diese Schlussfolgerung basiert auf sorgfältig untermauerten Untersuchungen – einem weltweit einzigartigen Verfahren – die von einem multidisziplinären Team mit Experten von Electrabel, Laborelec und Tractebel Engineering durchgeführt wurden. Während der gesamten Untersuchungsphase hat dieses multidisziplinäre Team mit verschiedenen externen renommierten Organisationen im In- und Ausland zusammengearbeitet, wie SCK•CEN (Belgien), Areva (Frankreich), UGent, CRM (Belgien), Tohoku University (Japan), CEA (Frankreich), VTT (Finnland), Intertek (USA) usw.

Das Ergebnis des Einsatzes der vielen Experten, der zehntausenden Untersuchungsstunden und der mehr als 1.500 Materialprüfungen entspricht einem Prüfaufwand, der seinesgleichen weltweit einmalig ist

Geschichtlicher Überblick: Sommer 2012: Entdeckung von Störanzeigen in Reaktordruckbehälter Doel 3 und Tihange 2

Im August 2012 wurden während einer zehnjährlichen Revision nach Durchführung einer Ultraschallinspektion Störanzeigen im Reaktordruckbehälter von Doel 3 festgestellt. Nach einer ausführlichen Analyse und Rücksprache mit verschiedenen Experten gelangte man zum Schluss, dass es um Wasserstoffeinschlüsse ging. „Wasserstoffeinschlüsse“ sind ein bekanntes Phänomen in der Metallurgiebranche. Während des Herstellungsverfahrens (Gießen und Schmieden) von Stahl können bestimmte Gase in den Stahl gelangen. Durch ein korrektes Schmiedeverfahren werden die meisten dieser Gase entfernt. Beim Schmieden der Reaktordruckbehälter von D3 und T2 vor vierzig Jahren wurde nicht der gesamte Wasserstoff aus dem Stahl entfernt, weshalb sich dieses Gas in Form mikroskopischer Einschlüsse im Stahl festsetzte.

Im September 2012 wurde auch der Reaktordruckbehälter von Tihange 2 überprüft. Der Reaktordruckbehälter von Tihange 2 wurde im gleichen Zeitraum und auf dieselbe Weise wie der Reaktordruckbehälter von Doel 3 geschmiedet. Während der Inspektion des Reaktordruckbehälters wurde das gleiche Phänomen der Wasserstoffeinschlüsse festgestellt. Daraufhin wurde eine ausführliche Untersuchung des Phänomens und der möglichen Folgen für die Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 eingeleitet.

Nach der Untersuchung, die ungefähr zehn Monaten dauerte, war Electrabel überzeugt, dass beide Kernkraftwerke wieder in Betrieb genommen werden können und reichte einen Sicherheitsbericht auf Basis folgender Schlussfolgerungen ein:

- Wasserstoffeinschlüsse sind ein bekanntes Phänomen in der Metallurgiebranche, die beim Schmieden gebildet werden. Es hängt in keinem Fall mit den kerntechnischen Tätigkeiten zusammen.

- Wasserstoffeinschlüsse sind nicht entwicklungsfähig, vergrößern sich also nicht.
- Die Wasserstoffeinschlüsse in den Reaktordruckbehältern sind quasi-laminar, was bedeutet, dass sie parallel zur Innenwand des Behälters verlaufen. Deshalb unterliegen sie nur in beschränktem Maße den mechanischen Spannungen im Reaktordruckbehälter.
- Wasserstoffeinschlüsse beeinflussen keinesfalls das Material des Reaktordruckbehälters.

Mai 2013: Die FANK gestattet die Wiederinbetriebnahme von Doel 3 und Tihange 2, sofern einige Bedingungen erfüllt werden

Im Mai 2013 gestattete die FANK die Inbetriebnahme beider Kernkraftwerke, wobei sie jedoch verschiedene mittelfristige Weiterverfolgungsaktionen auferlegte. Es wurde ein Aktionsplan erstellt, der von der FANK genehmigt wurde. Die folgenden drei Aspekte mussten untersucht werden:

- Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von bestrahltem Material mit Wasserstoffeinschlüssen;
- Qualifikation des verwendeten Inspektions- und Analyseverfahrens durch die „Machine d’Inspection en Service“ (MIS-B);
- Durchführung einer neuen Inspektion, um zu bestätigen, dass die Wasserstoffeinschlüsse nicht entwicklungsfähig sind.

März 2014: Electrabel entscheidet, Doel 3 und Tihange 2 nach einem unerwarteten Ergebnis bei einem mechanischen Test eines Prüfblocks stillzulegen

Um die mechanischen Eigenschaften von bestrahltem Material mit Wasserstoffeinschlüssen mittels eines Prüfblocks zu untersuchen, der anfänglich beim Fertigungsverfahren ausgemustert wurde, wurde im Januar und Februar 2014 eine erste Bestrahlungskampagne im BR2-Reaktor des Studienzentrums für Kernenergie (SCK•CEN) in Mol durchgeführt.

Es handelte sich um ein erstes Bestrahlungsprogramm von Probestücken, die aus einem Prüfblock VB395 von Areva stammten, der Wasserstoffeinschlüsse enthielt und der anfänglich beim Fertigungsverfahren ausgemustert wurde. Während dieser ersten Bestrahlungskampagne wurde die Rissbruchfestigkeit des Stahls überprüft. Das Ergebnis der mechanischen Prüfung (siehe Aktion 1) erfüllte nicht die Erwartungen. Unter Bestrahlung wies das Stück VB395 eine höhere Versprödung als erwartet auf.

Als Vorsichtsmaßnahme und in Erwartung zusätzlicher Ergebnisse entschied Electrabel deshalb, die geplante Revision vorzuverlegen und die Kernkraftwerke am 26. März 2014 abzuschalten. Zur Erinnerung: Die Abschaltung eines Kernkraftwerks als Vorsichtsmaßnahme ist ein allgemeingültiger Grundsatz im Bereich der nuklearen Sicherheit. Beim geringsten Zweifel wird ein Kernkraftwerk abgeschaltet, bis die festgestellte Situation verstanden und erklärt wurde.

März 2014 – Juli 2015: Electrabel führt umfangreichen Aktionsplan durch

Electrabel entschied, den Aktionsplan, der anfänglich von der FANK als Bedingung zur Wiederinbetriebnahme der beiden Kernkraftwerke auferlegt wurde, zu erweitern, um die zusätzlichen Fragen der FANK beantworten zu können. Mit den Experten wurde eine solide Methodik ausgearbeitet, die danach angewandt wurde.

- 1) Die Qualifikation der Ultraschallinspektion wurde abgeschlossen, nachdem die Empfindlichkeit der Parameter erhöht wurde: Die Nachweisgrenzwerte wurden gesenkt und das Dimensionierungsverfahren angepasst. Es wurde bewiesen, dass das qualifizierte und verwendete Ultraschallverfahren tatsächlich die geeignetste Vorgehensweise ist und zuverlässige Ergebnisse liefert.
- 2) Die Behälter von Doel 3 und Tihange 2 wurden erneut inspiziert. Die Inspektion bestätigte, dass die Störanzeigen nicht entwicklungsfähig waren. Ein neues Erfassungs- und Darstellungsverfahren der Störanzeigen wurde entwickelt. Es wurden mehr Störanzeigen mit einer höheren durchschnittlichen und maximalen Größe festgestellt, weil angesichts der Technologie inhärenten konservativen Charakters mehrere kleine Störanzeigen gruppiert und als eine größere Störanzeige betrachtet wurden. Dieses Erfassungs- und Darstellungsverfahren wurde in die strukturelle Integritätsanalyse mit aufgenommen.

- 3) Nachdem die erste Bestrahlungskampagne des Stücks VB395 zu einem nicht konformen Ergebnis geführt hatte, wurden zwei zusätzliche Bestrahlungskampagnen im BR2-Untersuchungsreaktor des SCK•CEN in Mol am Prüfblock VB395 und an Probematerial aus den Reaktordruckbehältern von Doel 3 und Tihange 2 durchgeführt. Eine vierte Bestrahlungskampagne wurde Anfang 2015 an einem deutschen Prüfblock KS02 von der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart durchgeführt. Insgesamt wurden 1.500 mechanische Prüfungen durchgeführt, darunter 500 von bestrahltem Probematerial.

Juli 2015 – Oktober 2015: Electrabel ist davon überzeugt, dass die strukturelle Integrität der Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 gewährleistet ist und reicht einen Sicherheitsbericht vor der Inbetriebnahme beider Kernkraftwerke ein

Auf Basis aller Inspektionen, zusätzlicher Tests, Materialprüfungen und detaillierter Analysen ist Electrabel überzeugt, dass die strukturelle Integrität der beiden Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 mit reichlichen Sicherheitsmargen gewährleistet ist. Dies wird ausführlich in den Sicherheitsberichten nachgewiesen, die das Unternehmen bei der FANK eingereicht hat.

Die folgenden Schlüsse wurden gezogen:

- Die Anfangshypothese wurde bestätigt: Es handelt sich um Wasserstoffeinschlüsse, die während des Schmiedeverfahrens des Behälters entstanden und deshalb seit dem Bau des Kernkraftwerks vorhanden sind.
- Die Wasserstoffeinschlüsse sind quasi-laminar. Sie verlaufen also parallel zur Innenwand des Behälters mit einem Durchschnittsgefälle von 4°, maximal 15°. Durch ihre laminare Ausrichtung unterliegen sie praktisch keinen mechanischen Spannungen und wirken sich nicht negativ auf die strukturelle Integrität des Reaktordruckbehälters aus.
- Die Qualifikation des Ultraschallverfahrens konnte nachweisen, dass das qualifizierte Verfahren geeignet ist, um die Wasserstoffeinschlüsse, ihre Position und ihre Abmessungen mit einer sehr hohen Zuverlässigkeit festzustellen.

- Die zusätzliche Inspektion im Jahr 2014 erfasste alle Wasserstoffeinschlüsse und konnte darstellen und nachweisen, dass die Wasserstoffeinschlüsse im Vergleich zur Ultraschallinspektion des Jahres 2012 stabil geblieben sind und sich ihre Größe deshalb nicht ändert. Außerdem wurde die Empfindlichkeit des Analyseverfahrens erhöht. Dadurch wurden mehr Störanzeigen festgestellt und wurden angesichts des konservativen Charakters der Technologie mehrere kleine Störanzeigen gruppiert und als einzelne größere Störanzeige betrachtet. Im Reaktordruckbehälter von Doel 3 gibt es insgesamt ca. 13.000 Störanzeigen, in Tihange 2 ca. 3000 Störanzeigen.
(Doel 3: 7.765 -> 13.048 / Tihange 2: 1.977 -> 3.149)
- Das umfangreiche Prüfprogramm an den verschiedenen Prüfblocken zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Materials wies nach, dass sich das Vorhandensein der Wasserstoffeinschlüsse im Material unter Bestrahlung nicht auf die Rissbruchfestigkeit des Behälters auswirkt. Die Prüfungen beweisen, dass die Eigenschaften des Materials nach der Bestrahlung der verschiedenen Prüfblocke den Vorhersagen entsprechen. Dies galt nicht für den Prüfblock VB395. Aus diesen zusätzlichen Prüfungen ging aber auch hervor, dass das Material der Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 niemals auf die gleiche Weise reagieren kann wie das Material des Prüfblocks VB395. Aus Vorsichtsgründen wurde das Verhalten des Prüfblocks VB395 jedoch in die Berechnungen mit aufgenommen, um die strukturelle Integrität der Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 nachzuweisen. Sogar dann, wenn der Reaktordruckbehälter die gleichen Eigenschaften wie der Prüfblock VB395 gehabt hätte, wäre die Integrität deshalb noch gewährleistet gewesen.
- Die strukturelle Integrität des Reaktordruckbehälters bleibt unter allen Umständen – mit hohen Sicherheitsmargen – gewährleistet, und dies beim Betrieb des Kernkraftwerks als auch bei einem Unfall. Bei den Berechnungen wurde von sehr konservativen Hypothesen ausgegangen. Electrabel kann deshalb ohne jeden Zweifel festhalten, dass die strukturelle Integrität der Reaktordruckbehälter von Doel 3 und Tihange 2 seit der Inbetriebnahme gewährleistet war.



Schlussfolgerungen

Die Entscheidung zur Wiederinbetriebnahme der Kernkraftwerke gehört zum Befugnisbereich der Föderalagentur für Nuklearkontrolle FANK.

Electrabel erklärt seinerseits, dass Doel 3 und Tihange 2 seit der Inbetriebnahme unter absolut sicheren Bedingungen betrieben wurden und dass durchgeführte Analysen, Prüfungen und Studien bestätigen, dass beide Kernkraftwerke in aller Sicherheit wieder in Betrieb genommen werden können.

Electrabel plant am Ende des folgenden Brennstoffzyklus erneut eine Folgeinspektion mit dem qualifizierten Ultraschall-Inspektionsverfahren MIS-B.