

Vad är det som brinner i Zaporizjzja?

Under söndag kväll (11 augusti 2024) kom det rapporter om en brand vid det av Ryssland ockuperade kärnkraftverket Zaporizjzja utanför staden Enerhodar i östra Ukraina. Det tycks vara vid ett av kyltornen vid kärnkraftverkets kylvattendamm som det uppstått en brand. Enligt ukrainska källor har de ryska trupperna satt eld på bildäck i botten av kyltornet, vilket leder till dramatiska bilder med svart rök som bolmar upp ur kyltornet. Här ges en kort beskrivning av hur kärnkraftverket i Zaporizjzja kyls, resonemang om möjliga orsaker till branden och om vad branden kan få för konsekvenser.

Vad är ett kyltorn?

Ett kyltorn används vid många kärnkraftverk och kolkraftverk för att kyla det vatten som driver ångturbinerna för elproduktion. Det uppvärmda vattnet sprutas ut en bit upp i tornet, som kan vara över 100 meter högt, och faller ned till bassänger i botten på tornet. Tornet är öppet i den nedre delen och luft strömmar in och drivs uppåt, beroende på design drivs luften med hjälp av fläktar eller med naturligt flöde. Den uppströmmande luften kyler av det nedfallande vattnet, några procent av den totala vattenmängden avgår dock som vattenånga. Därför syns vit rök från kyltornen, se figure 1. Det vatten som kyls i kyltornen har aldrig varit i kontakt med reaktorn i kärnkraftverket och är därför inte radioaktivt, det för med värmets från reaktorns primärkrets via värmeväxlare. De svenska kärnkraftverken har inte kyltorn då de tar kylvatten direkt från havet, men vid kraftverk som ligger vid sjöar och floder är det vanligt förekommande då det minskar den mängd vatten som behövs för kylningen.



Figur 1. Bilden visar kyltorn vid ett kärnkraftverk i normal drift, där vit vattenånga strömmar ut ur tornen.

Kylningen av reaktorerna vid Zaporizjzjas kärnkraftverk

Kärnkraftverket i Zaporizjzja har sex reaktorer. Samtliga är i avställt läge sedan augusti 2022, vilket innebär att ingen kärnklyvning och elproduktion sker i reaktorerna. Kärnbränslet i reaktorerna fortsätter att producera värmeenergi, så kallad resteffekt. Sönderfallen av radioaktiva ämnen som bildats av kärnklyvningarna medför att joniserande strålning utsänds och absorberas i det omgivande vattnet. Vattnet värms då upp och behöver kylas för att undvika att det kokar bort och att bränslet tar skada av överhettning. Effektutvecklingen för en avställd reaktor är dock mycket lägre än för en reaktor i drift, därmed är behovet av kylning kraftigt reducerat.

De ryska ockupanterna har dock haft en av reaktorerna i så kallat varmt avställt läge för att kunna förse olika delar av kärnkraftverket med värme. Varmt avställt läge innebär att man drar ut styrstavar ur härden lite grann för att tillåta kärnklyvningar att ske och avge värme. Även detta sker med en resteffekt som är

väldigt låg i jämförelse med en reaktor som är i drift, men kylbehovet ökar något jämfört med de reaktorer som är i kallt avställt läge. Sedan augusti 2022 har de ryska ockupanterna varierat vilken av de sex reaktorerna som tagits till varmt avställt läge, men sedan juni 2024 är samtliga reaktorer i kallt avställt läge. Det totala kylbehovet är därför mindre än en tusendel jämfört med när reaktorerna är i full drift. I kallt avställt läge sker också alla processer långsammare, om kylningen skulle avbrytas av något skäl så finns det mer tid att vidta åtgärder jämfört med vid en reaktor som nyligen varit i drift. För mer information om resteffekt, se Analysgruppens [**Faktablad 49 "Hur stänger man av en reaktor?"**](#)

För att kyla reaktorerna tas vatten in via en kanal från floden Dnipro, se figur 2 nedan. Kylvattnet, som även används av ett fossilkraftverk på området, leds in i en stor kylvattendamm, och därifrån tas vatten till kylning av reaktorerna. Det vatten som värmts upp vid kylningen av reaktorerna förs sedan tillbaka till kylvattendammen där temperaturen sjunker och vattnet åter kan användas till kylning av reaktorerna. Bredvid kylvattendammen finns två stora kyltorn, vars uppgift är att vid behov bidra till att kyla vattnet i kylvattendammen. Kyltornen används främst under sommarhalvåret medan den kalla omgivningen räcker för att kyla vattnet på vinterhalvåret. Eftersom reaktorerna inte är i drift minskar kylbehovet ytterligare och kyltornen har troligtvis inte använts sedan 2022. Kyltornen är alltså inte en del av själva kärnreaktorerna utan används för att kyla vattnet utanför reaktorerna. Avståndet mellan reaktorbyggnaderna och kyltornen är över 1 km, se figur 2.



Figur 2: Karta över området vid kärnkraftverket Zaporizjzja. Kartan kommer ursprungligen från Google Maps.

Den dramatiska sprängningen av Kachovskadammen i juni 2023 orsakade en sänkning av vattennivån i floden Dnipro, vilket kan ha konsekvenser för möjligheten att kyla de sex kärnreaktorerna. Kylvattendammen har dock en stor volym vatten och har därför varit tillräcklig för att säkra kylningen. Mer allvarligt har varit de återkommande strömavbrotten som hotat möjligheten att föra in vatten från kylvattendammen till reaktorerna.

Konsekvenser av branden vid kyltornet

Det finns ännu ingen bekräftelse på vad som orsakat branden. Ryssland hävdar att det är en ukrainsk drönerattack som orsakat branden. Flera ukrainska källor hävdar att de ryska ockupanterna har satt eld på en stor mängd bildäck i botten av kyltornet. Att döma av det frisläppta bildmaterialet är den ukrainska förklaringen mer rimlig då det är ymnigt med svart rök som sprids ut ur kyltornet. Ett kyltorn är tillverkat av betong och innehåller inga lättantändliga ämnen, och botten av tornet är fullt av vattenbassänger. Det är därmed svårt att se att den ymniga rökbildningen orsakats av skador på själva tornet från någon slags attack. Med tanke på den senaste tidens ukrainska attacker in på ryskt territorium i Kurskregionen skulle en möjlig orsak till branden kunna vara att Ryssland vill

avleda den mediala uppmärksamheten från den ukrainska invasionen.

Kyltornen är belägna på det näs som skiljer kylvattendammen från floden Dnipro. Det lagras inget använt kärnbränsle eller radioaktivt avfall i närheten och det är inte troligt att branden sprider sig mot reaktorbyggnaderna. Men det vårdslösa agerande som orsakat branden är oroväckande då det är aktiviteter som inte bör ske vid ett kärnkraftverk. Bränder på andra ställen i anläggningen kan ha mer allvarliga konsekvenser. Den ryska ockupationen av kärnkraftverket, behandlingen av personalen, och strider i närområdet är ett ständigt hot mot att kunna upprätthålla kärnsäkerheten vid anläggningen, något som åtskilliga gånger påpekats av det internationella atomenergiorganet IAEA:s generaldirektör Rafael Mariano Grossi.

Vad är orsaken till reaktorstängningar inom EU?

SVT Rapport hade tisdag 18 juni ett inslag med anledning av att regeringens kärnkraftssamordnare Carl Berglöf [presenterade](#) sin första [delrapport](#) med förslag till regeringen. En relaterad text finns på SVT:s [hemsida](#). I inslaget intervjuas Carl Berglöf om sina rekommendationer och hur han uppfattar situationen. I en passage ställs regeringens löften om ny kärnkraft mot situationen inom EU de senaste 20 åren:

Regeringen har lovat ny kärnkraft - och Carl Berglöf är mannen som ska se till att bli löftet blir verklighet. I januari utsågs han till regeringens kärnkraftssamordnare med uppdraget att utreda förutsättningarna och driva på utvecklingen.

Statistiken talar dock sitt tydliga språk när det gäller läget för kärnkraften inom EU. De senaste 20 åren har 37 reaktorer stängts i unionen. Bara tre nya har tagits i drift.

- Kärnkraften har varit lite på dekis. Det är dags att ändra på det, säger Carl Berglöf.

Frågan är vad som avses av SVT:s reporter i jämförelsen av de många stängningarna av kärnkraft med löften om ny kärnkraft. Tittarna får ingen information om varför 37 reaktorer har stängts de senaste 20 åren, och med tanke på vad som sägs i övrigt i inslaget är det lätt att få intryck av att det är billig sol- och vindkraft som är orsaken. En genomgång av vilka reaktorer som stängts inom EU sedan 2004 ger en annan bild, se tabellen nedan. Data är tagna från IAEA:s [PRIS-databas](#).

Land	Reaktor	Reaktortyp	Elektrisk effekt (MW _{el})	Byggstart	Drifttid	Orsak till stängning
Belgien	Doel-3	PWR	1006	1975	1982-2022	Politiskt beslut 2021
	Tihange-2	PWR	1008	1976	1983-2023	Politiskt beslut 2021
Bulgarien	Kozloduy-3	VVER-440 V-230	408	1973	1981-2006	Krav för EU-inträde
	Kozloduy-4	VVER-440 V-230	408	1973	1982-2006	Krav för EU-inträde
Frankrike	PHENIX	Snabbreaktor	130	1968	1974-2010	Tekniska problem
	Fessenheim-1	PWR	880	1971	1978-2020	Politiskt beslut 2012
	Fessenheim-2	PWR	880	1972	1978-2020	Politiskt beslut 2012
Litauen	Ignalina-1	RBMK-1500	1185	1977	1985-2004	Krav för EU-inträde
	Ignalina-2	RBMK-1500	1185	1978	1987-2009	Krav för EU-inträde
Slovakien	Bohunice-1	VVER-440 V-230	408	1972	1980-2006	Krav för EU-inträde
	Bohunice-2	VVER-440 V-230	408	1972	1981-2008	Krav för EU-inträde
Spanien	Jose Cabrera-1	PWR, WH 1-loop	141	1964	1969-2006	Myndighetsbeslut
	Santa Maria de Garona	BWR-3	446	1966	1971-2013	Politik och licensieringsutmaningar
Sverige	Barsebäck-2	BWR, ABB-II	600	1973	1977-2005	Politiskt beslut 1997
	Oskarshamn-1	BWR, ABB-I	638	1966	1972-2017	Ekonomisk avvägning med förd politik
	Oskarshamn-2	BWR, ABB-II	473	1969	1975-2016	Ekonomisk avvägning med förd politik
	Ringhals-1	BWR, ABB-II	904	1969	1976-2020	Ekonomisk avvägning med förd politik
	Ringhals-2	PWR, WH 3-loop	883	1970	1975-2019	Ekonomisk avvägning med förd politik
Tyskland	Obrigheim	PWR	340	1965	1969-2005	Politiskt beslut 2002
	Biblis-A	PWR	1167	1970	1975-2011	Politiskt beslut 2011
	Biblis-B	PWR	1240	1972	1977-2011	Politiskt beslut 2011
	Brunsbüttel	BWR-69	771	1970	1977-2011	Politiskt beslut 2011
	ISAR-1	BWR-69	878	1972	1979-2011	Politiskt beslut 2011
	Krümmel	BWR-69	1346	1974	1984-2011	Politiskt beslut 2011
	Neckarwestheim-1	PWR	785	1972	1976-2011	Politiskt beslut 2011
	Philippsburg-1	BWR-69	890	1970	1980-2011	Politiskt beslut 2011
	Unterweser	PWR	1345	1972	1979-2011	Politiskt beslut 2011
	Grafenrheinfeld	PWR	1275	1975	1982-2015	Politiskt beslut 2011
	Gundremmingen-B	BWR-72	1284	1976	1984-2017	Politiskt beslut 2011
	Philippsburg-2	PWR	1402	1977	1985-2019	Politiskt beslut 2011
	Brokdorf	PWR	1410	1976	1986-2021	Politiskt beslut 2011
	Grohnde	PWR	1360	1976	1985-2021	Politiskt beslut 2011
	Gundremmingen-C	BWR-72	1288	1976	1985-2021	Politiskt beslut 2011
	Emsland	PWR Konvoi	1335	1982	1988-2023	Politiskt beslut 2011
	ISAR-2	PWR Konvoi	1410	1982	1988-2023	Politiskt beslut 2011
	Neckarwestheim-2	PWR Konvoi	1310	1982	1989-2023	Politiskt beslut 2011

Här ges kommentarer och förklaringar till tabellen:

- Tabellen ger information om de 36 reaktorer inom EU som stängts sedan 2004. Det är oklart varför antalet skiljer sig åt från de 37 som anges av SVT, eventuellt räknar de med reaktorn Mühleberg i Schweiz som stängde 2019.
- Storbritannien är inte längre med i EU men sedan 2004 har även 18 reaktorer stängts ned där. De brittiska reaktorerna finns inte med i tabellen.
- **Krav för EU-inträde** avser äldre ryska reaktorer av modell VVER eller RBMK som stängdes ned i flera östeuropeiska länder som ett villkor för att de skulle få bli medlemmar i EU. Villkoret uppkom eftersom

reaktorerna inte uppfyllde europeiska säkerhetskrav.

- **Tekniska problem** avser reaktorer där olika tekniska utmaningar bidragit till beslut om att stänga ned reaktorn. I tabellen gäller det för den franska snabbreaktorn PHENIX som främst var en demonstrations- och experimentanläggning för brydreaktortekniken, men den bidrog med elproduktion under de år den var i drift.
- **Myndighetsbeslut** avser reaktorer där ansvarig myndighet inte givit tillstånd till förlängd drift. I tabellen gäller detta den spanska reaktorn Jose Cabrera-1 där företaget ville driva reaktorn några år längre än vad den spanska myndigheten tillät.
- **Politiskt beslut** avser direkta politiska beslut om nedläggning av enskilda reaktorer eller en allmän policy om att kärnkraften ska fasas ut enligt en viss plan. Orsakerna skiljer sig något åt mellan olika länder men i samtliga fall är det den förda politiken som lett till nedstängningar, inte ekonomiska eller tekniska aspekter.
- **Ekonomisk avvägning med förord politik** avser de fyra reaktorer i Sverige som stängdes 2016-2020. Besluten om stängning fattades av ägarbolagen (Vattenfall för Ringhals 1 och 2 samt Uniper för Oskarshamn 1 och 2) och var baserade på ekonomiska bedömningar där den förda politiken var avgörande för besluten.
- **Politik och licensieringsutmaningar** avser den spanska reaktorn Santa Maria de Garona där olika bud från den reglerande myndigheten under olika regeringar ledde till att bolaget som drev reaktorn missade en deadline till att ansöka om förlängning av drifttiden. Mer detaljer om detta finns att läsa på länkad sida under rubriken [Licence renewal and taxes](#).

Antalet reaktorer som startats under samma tidsperiod är tre; Cernavoda-2 i Rumänien år 2007, finska Olkiluoto-3 år 2023 och Mochovce-3 i Slovenien som kopplades upp mot nätet år 2023 men ännu inte är i kommersiell drift. Konstruktionerna av Cernavoda-2 och Mochovce-3 påbörjades under 1980-talet men avbröts i samband med Sovjetunionens upplösning för att sedan återupptas efter 15-20 års avbrott. Övriga pågående reaktorbyggen i Europa är Flammanville-3 i Frankrike som planeras nå första kriticitet under 2024, samt två reaktorer i Hinkley Point i Storbritannien.

Det är alltså helt korrekt att det inte har byggts mycket kärnkraft inom EU de senaste 20 åren och att det under samma tid har stängts många reaktorer. Men som sammanställningen i tabellen visar är det med några få undantag politiska beslut som ligger bakom stängningarna. Samma politik har även bidragit till att så få nya reaktorbyggen har påbörjats. Ekonomiska hänsynstaganden kommer att spela en viktig roll för nybyggnation, men de har inte bidragit till att så pass många reaktorer har lagts ned.

Att riva muren av fördomar

I SVT:s frågesportprogram Muren ställdes nyligen en intressant fråga, men sättet den ställdes på blir vilseledande och bidrar till mytbildning istället för att vara allmänbildande. I programmet ställs de tävlande mot en mur av kända personer med olika expertkunskaper och det gäller att bryta ned muren genom att besegra experterna i frågesport på olika ämnesområden.

I programmet den åttonde maj 2021 ställdes följande fråga, där en tävlande mötte den före detta Moderatledaren Anna Kinberg Batra:

Moderata partiledare har en tradition av dåligt tajmade utspel om kärnkraft.

Några månader efter kärnkraftsolyckan i Harrisburg 1979 sa Moderatledaren Gösta Bohman att kärnkraft är inte farligare än att cykla.

Ett par månader innan Tjernobylolyckan i valrörelsen 1985 besökte hans efterträdare Ulf Adelsohn kärnkraftverket i Forsmark och var då så ivrig att visa hur ofarlig kärnkraft är att han erbjöd sig att göra något ganska speciellt.

Vad var det Moderatledaren Ulf Adelsohn erbjöd sig att göra vid Forsmarks kärnkraftverk?

A: Bada i reaktorns kylvatten

B: Dricka ett glas reaktorvatten

C: Övernatta mellan reaktorerna i Forsmark 1

Det är inget fel på själva frågan, men hur den introduceras är problematisk.

Gösta Bohmans uttalande, som skedde vid ett besök på Ringhals kärnkraftverk år 1979, var del av ett längre resonemang om olika risker i samhället. För den som upplever kärnkraften som väldigt farlig kan jämförelsen med cykling tyckas vara verklighetsfrämmande, men data visar tydligt att det är korrekt. Det är svårt att jämföra olika slags risker, men om vi begränsar oss till antalet dödsfall så sker omkring 20 cykelrelaterade dödsolyckor i Sverige varje år. Inom EU är motsvarande siffra omkring 2000 dödsfall varje år. Om vi jämför detta med den värsta kärnkraftsolyckan, dvs den i Tjernobyl 1986, så kan drygt 40 dödsfall kopplas direkt till olyckan. Baserat på data från FN:s vetenskapliga kommitté för joniserande strålning, UNSCEAR, är det rimligt att fram till 2065 anta omkring 4000 extra cancerdödsfall på grund av olyckan, vilket är för få fall för att det ska gå att visa i epidemiologiska studier. I Sverige har det sedan kärnkraftens införande skett några få arbetsplatsolyckor med dödlig utgång vid svenska kärnkraftverk, men det finns inga rapporterade eller förväntade skador på grund av joniserande strålning. Ett allmänbildande program på SVT bör kunna bedöma rimligheten i Bohmans jämförelse istället för att bidra till en missvisande bild av kärnkraften som farlig. Att beskriva Bohmans resonemang, flera månader efter olyckan i Harrisburg (som inte ledde till några skadade eller döda alls), som ett exempel på dålig tajming är därför högst omotiverat.

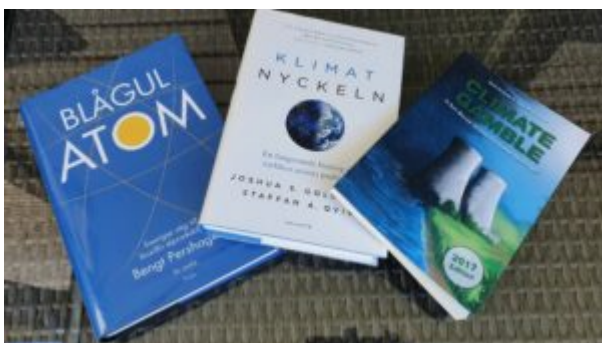
Ulf Adelsohns erbjudande att bada i vattenbassängen ovanför reaktorn i Forsmark 1985 (svarsalternativ A) kan även det låta verklighetsfrämmande för den som upplever kärnkraften som väldigt farlig. Men också i det här fallet är uttalandet av Adelsohn korrekt och del av ett längre resonemang om säkerhet. Detta faktum förändras inte av att kärnkraftsolyckan i Tjernobyl skedde några månader senare. Att bada i en bassäng med använt kärnbränsle, eller ovanför en reaktor i drift, är faktiskt inte farligt. Orsaken är att vattnet väldigt effektivt skärmar av strålningen från bränslet. Vattnet i sig kan innehålla låga mängder av radioaktiva ämnen men det är inte orsaken till att avråda från bad. Vattnet är avjoniserat och därmed väldigt rent med avseende på salter och andra föroreningar. Ulf Adelsohn skulle inte ha fått tillstånd att bada i bassängen eftersom alla människor, oavsett partitillhörighet, smutsar ned vattnet i onödan. Ett bad hade lett till att bassängen, och i värsta fall även reaktorn, hade fått saneras. Det går faktiskt också att dricka ett glas reaktorvatten (svarsalternativ B) utan allvarliga konsekvenser. Det ger en relativt låg men onödig stråldos och ska därför inte drickas. Ulf Adelsohn hade därför inte fått tillåtelse till att dricka reaktorvatten om han hade erbjudit sig det alternativet istället.

Efter att frågan i programmet Muren hade besvarats berättade Anna Kinberg Batra att hon en gång badat från en segelbåt i närheten av kylvattenutloppet vid Oskarshamns kärnkraftverk, hon beskrev det som varmt och mysigt. Programledaren kommenterade badturen som en underlig grej. Men det är faktiskt inte heller farligt eftersom kylvattnet inte har någon direkt kontakt med reaktorn och därför inte leder till någon ökad radioaktivitet. Det har förekommit att privatpersoner badat i närheten av utloppen vid alla svenska kärnkraftverk, men det är något som inte längre är tillåtet. Orsakerna varierar, i några fall är det frågan om att det kan bli farliga underströmmar, och i andra fall är det för att kärnkraftverket är ett skyddsobjekt där utloppet med varmt vatten ligger inom skyddsområdet.

SVT ansvarar förstås inte för Anna Kinberg Batras badberättelse, men en kunnig programledare hade förstått att det var helt ofarligt istället för att skrattande kommentera det som ett märkligt beteende. Beskrivningen av de båda moderatledarnas uttalanden som exempel på dålig tajming blir missvisande, den dåliga tajmingen är att det sker i ett program som handlar om allmänbildning. SVT misslyckas därför med att riva muren av fördomar kring kärnkraft och bygger istället på den.

Vinn en bok till sommarsemestern

Men hur var det nu med svarsalternativ C? Ulf Adelsohn hade inte fått tillåtelse till detta heller. Om du vet varför så skicka in ett svar till info@analys.se med din motivering senast 7 juni 2021. Vi lottar ut bokpriser bland de rätta svaren.



Källor:

- SVT-programmet Muren finns på [SVT Play](https://www.svt.se/program/muren), episoden med frågan om kärnkraft börjar 33:50 in i programmet.
- Radiointervjuerna med Gösta Bohman 1979 och Ulf Adelsohn 1985 finns

på Sveriges Radios sida "[Svensk kärnkraft i bakspegl](#)".

- Statistik över dödsolyckor för cyklister i Sverige och EU: [European Road Safety Observatory - Facts and Figures - Cyclists - 2020](#) (pdf 1,2 MB).
 - För den som finner badande i bränslebassänger vid ett kärnkraftverk vara av intresse så har serien XKCD [en upplysande sida](#) om det.
-

Vad händer i Tjernobyl?

Vid en vetenskaplig konferens i april 2021 rapporterades om ett ökat neutronflöde från en del av den havererade reaktorn i Tjernobyl. Detta har lett till en del mediauppmärksamhet. I en ny rapport förklaras situationen och det tänkbara händelseförlopp som observeras.

Situationen kan sammanfattas i följande punkter. Resten av [rapporten](#) ger en mer detaljerad förklaring av statusen vid den havererade reaktorn.

- Ökade nivåer av neutronstrålning har observerats på en plats i den havererade reaktor 4 i Tjernobyl.
- Neutronstrålningen har ökat långsamt sedan den nya sarkofagen kom på plats 2016 och är nu dubbelt så hög som innan 2016, men från en väldigt låg nivå.
- Troligtvis beror ökningen på att vatten dunstar bort från rester av reaktorns bränsle, vilket på den specifika platsen ökar möjligheten för kärnklyvningar att ske.
- Tidigare läckte regnvatten in och täckte bränslet med vatten. Efter att den nya sarkofagen kom på plats läcker inte något nytt vatten in.
- Händelseförloppet är förväntat sedan tidigare.
- En liknande ökning av neutronstrålning observerades på samma ställe under några dagar i juni 1990. Ökningen var då 60 gånger högre än normalvärdet. Det ledde dock inte till någon ökad strålning utanför byggnaden och processen avstannade efter några dagar.
- Ökningstakten nu är mycket långsammare än den i juni 1990. Det är inte säkert att den nuvarande situationen kommer utvecklas på samma sätt

som 1990, men om så sker är det rimligt att förvänta sig likvärdiga eller lägre strålningsnivåer än då. Dessa strålningsnivåer är närmast försumbara jämfört med den strålning som redan finns på platsen sedan olyckan 1986.

- Personal på platsen följer händelseförloppet för att få en bättre förståelse och för att vid behov vidta åtgärder.

Rapporten kan läsas i [textformat](#) eller som [pdf \(1,3 MB\)](#).