

Normal olycka på Forsmark 1?

En reflektion över Charles Perrows teori om normala olyckor

Sebastian Bay
Anna Lybeck

Sammanfattning

Den 25 juli 2006 inträffade en händelse på Forsmark 1 som skulle kunna ha lett till en katastrof av samma mått som Harrisburg 1979. Till skillnad från Harrisburg lyckades en olycka avvärjas på Forsmark 1 denna gång och driften återupptogs utan några katastrofala efterföljder. Denna händelse är mycket aktuell då vi idag lever i en värld som präglas av de effekter på miljön som vår moderna tid skapar och kärnkraftverk som energikällor är starkt ifrågasatta.

Charles Perrow har forskat kring risk och de orsaker som gör att olyckor inträffar. Denna forskning har lett fram till en teori som Perrow kallar *Normal Accident Theory*. Perrows teori går i korthet ut på att definiera vilka system som, utifrån begreppen koppling och komplexitet, kan benämnas högrisksystem. Högrisksystem är enligt Perrow, de system som är uppbyggda med täta kopplingar samt är komplexa till sin karaktär. På grund av dessa systems karaktär menar Perrow att oförutsedda olyckor oundvikligen kommer att inträffa, och att det inte är en fråga om, utan när dessa kommer att ske.

Vi vill med vår studie pröva huruvida Charles Perrows teori fortfarande kan förklara risker och uppkomsten till kriser tjugo år efter att den först formulerades. I vår studie har vi således valt att testa Perrows teori på den incident som inträffade på kärnkraftverket Forsmark 1 den 25 juli 2006. Vi ställer oss frågan: Styrker händelsen vid Forsmark 1 Charles Perrows *Normal accident theory*? Detta leder oss vidare in i en diskussion kring huruvida högrisksystem, enligt Perrows definition, verkligen existerar.

Vår studie kring händelsen på Forsmark 1 har visat att den tekniska förklaringsmodellen som Perrow står för inte ensam kan förklara händelsen på Forsmark 1. Vi gör dock inte gällande att teorin inte alls är gångbar, utan konstaterar endast att Charles Perrows *Normal Accident Theory* inte stärks av vår analys av händelsen på Forsmark 1. För att förstå dess fulla dynamik menar vi att det förmodligen krävs en komplettering med andra teorier.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING.....	4
1.1 SYFTE	5
1.2 METOD	5
1.3 DISPOSITION	7
1.4 NORMAL ACCIDENT THEORY	7
1.5 KRITIK MOT PERROWS TEORI.....	10
2 KOMPLEXITET, KOPPLING, KATASTROF.....	12
2.1 KOMPLEXITET.....	14
2.2 KOPPLING	16
2.3 OLYCKA OCH KATASTROF?	17
3 NORMAL OLYCKA PÅ FORSMARK 1?.....	18
4 SLUTSATS	20
5 REFERENSER.....	21

1 Inledning

Strax efter klockan ett på natten blev reaktorns härd instabil, styrstavarna kunde inte längre kontrollera utvecklingen. Bränslet smälte och finfördelades. Tjugotre minuter senare hade två explosioner förstört reaktorn i Tjernobyl 4. Smutsigt radioaktivt nedfall föll över hela norra Europa.

Hur kunde det gå så fel? Allting hade sin upprinnelse i ett planerat rutinmässigt underhåll och eftersom reaktorn ändå skulle kopplas från nätet ville man ta chansen att utföra ett prov.

Syftet var att testa om den egna turbinen kunde fortsätta att leverera ström till kylvattenpumparna under den tid det tog att starta de dieseldrivna elgeneratorerna om den yttre elförsörjningen föll ifrån? (SKI 2007a).

Den 25 juli 2006 kom det katastrofala experimentet i Tjernobyl återigen att uppmärksammas. Denna gång i Sverige, vid kärnkraftverket Forsmark 1. Samma kärnkraftverk som upptäckte att en kärnkraftsolycka ägt rum inne i det stängda Sovjetunionen 20 år tidigare (Moberg 2001 s. 6). Denna gång skulle det inte vara ett prov, utan verklighet.

Vid Forsmark 1 utför en entreprenör driftomläggningar i ett ställverk. En frånskiljare öppnas och en ljusbåge skapas vilket kortsluter eltillförseln till kraftverket. Störningen medför ett delsnabbstopp. Reaktorn övergår kortvarigt till husturbindrift, innan reaktorns säkerhetssystem löser ut. Två av fyra dieselgeneratorer samt batteridriften slås ut av komplicerad felkedja.

I 22 minuter saknade vitala säkerhetssystem vid kärnkraftsverket elmatning. Pumpar för nödhärdkylning stannade, vattennivån i reaktorn sjönk avsevärt medan ett mörker svepte över kontrollrummet när monitorer och kontrollutrustning slocknade (Metzén et al 2006 s. 1-2 och s. 14-15). Det som skulle testas i Tjernobyl inträffade i Forsmark. Kraftverket klarade inte av omställningen utan blev lagt i mörker. Personalen kunde inte med säkerhet avgöra om livsviktiga styrstavar var nersänkta samtidigt som vattenkylningen stannade. Det visade sig att stavarna hade sänkts ner av säkerhetssystemen och eltillförseln kunde återställas och kylningen återupptas. En katastrof hade undanröjts.

Aldrig tidigare i modern tid har frågan om planetens hälsa varit så påtaglig och allvarsam formulerad. Detta har gett upphov till en förnyad diskussion om behovet av kärnkraft för att reducera de växthusgaser som av många idag uppfattas som kanske det största hotet mot planetens och människans fortlevnad.

I ljuset av detta tornar händelsen vid kärnkraftverket Forsmark 1 den 25 juli 2006 upp sig som något betydligt mer än ett simpelt problem i ett elektriskt ställverk. Händelsen ställs på sin spets och vi tvingas att ifrågasätta den i Sverige ofta vedertagna sanningen om det totalsäkra kärnkraftverket.

Charles Perrow framhäver i sin bok, *Normal Accidents* (1999) att sannolikheten för en härdsvälta inte alls ska uppfattas som en chans på miljonen - utan snarare som något som kommer att inträffa under de närmaste tio åren (Perrow 1999 s. 4). Termen *Normal Accident* är tänkt att signalera att komplexa system med täta kopplingar, likt kärnkraftverk, oundvikligen kommer att drabbas av olyckor som multipla och oväntade fel ligger till grund för (Perrow 1999 s. 5).

“Most high-risk systems have some special characteristics, beyond their toxic or explosive or genetic dangers, that make accidents in them inevitable, even “normal”. This has to do with the way failures can interact and the way the system is tied together.”
(Perrow 1999 s. 4)

1.1 Syfte

Syftet med denna uppsats är att pröva huruvida Charles Perrows *Normal Accident Theory* fortfarande kan förklara risker och uppkomsten till kriser - tjugo år efter att den först formulerades och efter att världen enligt vissa riskteoretiker övergått till ett *high risk society*¹ där kärnkraftsfrågan återigen anträtt den politiska dagordningen.

Vi har valt att testa teorin på den incident som inträffade på kärnkraftverket Forsmark 1 den 25 juli 2006 och frågar oss därför om händelsen vid Forsmark 1 styrker Charles Perrows *Normal accident theory*? Detta leder oss vidare in i en diskussion kring huruvida högrisksystem, enligt Perrows definition, verkligen existerar.

1.2 Metod

En teoriprovande ansats är grunden för denna studie. Esaiason et al (2005) skriver att det som regel i den teoriprovande studien gäller att försöka maximera antalet fall – ceteris paribus. Men samtidigt är det så att de faktiska hänsynstagandena för undersökningen gör att denna typ av design inte alltid är den bästa. Ett sådant hänsynstagande är att det inte alltid finns ett stort antal relevanta fall, likaså kan antalet fall starkt begränsas av dess udda karaktär (Esaiason et al 2005). Valet av fall måste då avgöras utifrån den teori som står i centrum och således skall provas. Vi har valt att pröva Charles Perrows teori NAT, *Normal Accidents Theory* med hjälp utav en ”most likely” konstruktion. Valet av fall har gjorts utifrån Normal Accident Theory, där Charles Perrow använder kärnkraftverk och dess inneboende design som en central stötspelare för sin teori (se vidare 1.4).

¹ Ulrich Beck menar att moderniteten som skapats efter att vi lämnat industrisamhället har givit upphov till ett *high risk society* vilket även av Beck benämns som *den reflexiva moderniteten* (Lupton 2005 s. 81f).

Eftersom vår studie endast omfattar ett fall blir det svårt att i någon omfattande utsträckning kunna generalisera resultatet. Men studien skall ändå inte ses som allenarådande ideografisk utan de nomotetiska ambitionerna vill vi redan här flagga för – även om vi är starkt medvetna om den begränsade generaliserbarheten.

Vi har valt att använda oss utav kvalitativ textanalys vid studien av det valda materialet som ligger till grund för uppsatsen. Kvalitativ textanalys kan definieras som en "[...]analys där ingenting räknas eller mäts [...]" (Bergström & Boréus 2004 s. 45). Det har konkret inneburit att vi "systematiskt, riktat [vårt] sökande i utvalda dokument efter när- eller frånvaron av en begränsad mängd förmodat betydelsefull information." (Winnerstig m.fl. 2000 s. 215).

Fallstudien i denna uppsats utgår ifrån den beskrivning av händelsen vid Forsmark 1 i juli 2006 såsom den återges i de rapporter om händelsen som författats av Forsmarks Kraftgrupp samt Statens Kärnkraftsinspektion (SKI). Vi har studerat två rapporter av händelsen. En av dessa är författad av SKI i syfte att granska händelsen ur ett myndighetsperspektiv. SKI har som uppgift att kontrollera och granska att de krav som ställs på en kärnteknisk verksamhet uppfylls, samt att verksamheten bedrivs på ett säkert sätt. De ansvarar även för att verka för en utveckling av säkerhetsarbetet vid kärntekniska installationer. Ytterst är det svenska folket genom riksdag och regering som är SKI:s uppdragsgivare (SKI 2007b).

Med utgångspunkt i ovan nämnda beskrivning av SKI är det lätt att anta att SKI skulle besitta en objektiv utgångspunkt, och att deras rapporter således skulle kunna betraktas som objektiva. Samtidigt är SKI, som både en kontrollerande och granskande myndighet, också jäviga, då de i praktiken vid en incident kontrollerar sitt eget förebyggande säkerhetsarbete.

Forsmarksgruppens egen rapport av händelsen är en granskning av deras eget arbete. Rapporten syftar till att inför SKI avrapportera händelsens förlopp samt beskriva hur Forsmarksgruppen ämnar åtgärda de fel som uppkommit. Vidare ska rapporten ligga till grund för att visa hur man proaktivt kan verka för att liknande fel i framtiden förebyggs. Det finns en uppenbar risk i rapporter som denna att det avrapporterande företaget inte är fullständigt ärliga med rapporteringen. Dels finns det ett egenintresse hos kärnkraftsverkets ägare att driften återupptas så snart som möjligt samtidigt finns trycket att kärnkraft i sig skall framstå som så ofarligt som möjligt. Detta behöver inte betyda att kärnkraftsverkets ägare inte tar händelsen på allvar; det finns snarare god grund att anta att de gör det eftersom det finns ett långsiktigt ekonomiskt intresse av att kärnkraftsverket fungerar.

Som författare har vi, i den utsträckning det är möjligt, tagit hänsyn till de kriterier som vi tagit upp ovan. Vi har efter bästa förmåga granskat rapporterna kritiskt genom att utgå ifrån att det, oavsett källornas inneboende tendens, möjligtvis inte finns samma tendens i de olika rapporterna. Genom att anta ett sådant förhållningssätt vid vår granskning av rapporterna har de enskilda rapporterna använts för att öka den samlade trovärdigheten i de uppgifter som framkommer i rapporterna.

Då dessa rapporter är tekniskt komplicerade och vi endast är lekmän i sammanhanget har rapporternas tekniska natur varit hindrande i vår strävan att analysera dess innehåll. Vi tror inte att denna del varit avgörande för uppsatsens slutsatser då dessa inte faller på tekniska detaljer, dock skall det medges att vi svårligen kan garantera en rättvisande teknisk beskrivning av händelsen vid Forsmark 1. Vi har dock försökt att penetrera material så gott vi kunnat och haft för avsikt att kunna förmedla en så rättvisande bild som möjligt.

Materialet medger inte någon fullständig beskrivning utav händelsen – något som varken är syftet med studien eller ligger inom ramen för uppsatsens omfång. Det material som valts ger dock en bild som utifrån övervägningar och gjorda observationer tillåter oss att pröva Charles Perrows *Normal Accident Theory*.

1.3 Disposition

Vår studie tar sin utgångspunkt i Charles Perrows teori NAT, *Normal Accident Theory*. Syftet är att pröva huruvida *Normal Accident Theory* fortfarande kan förklara risker och uppkomsten av olyckor i samhället. Vi vill även ställa oss frågan om högrisksystem verkligen existerar. Då det yttersta högrisksystemet, enligt Perrow, är kärnkraftsverk har vi valt att testa teorin på den incident som inträffade på kärnkraftsverket Forsmark den 25 juli 2006.

För att få en god utgångspunkt har vi i vår teoridel valt att grundligt gå igenom Perrows teori samt viss kritik som finns mot teorin. Vidare beskriver vi händelsen på Forsmark, vad som föregick denna samt utkomsten av händelsen. Därefter kopplar vi ihop teoridelen med händelsen på Forsmark med utgångspunkt i de karaktäristika som Perrows teori grundar sig på, täta respektive lösa kopplingar samt komplexa respektive linjära system.

Vi går igenom händelsen steg för steg för att senare kunna analysera och dra slutsatser huruvida systemet är att betrakta som ett högrisksystem, det vill säga, om det uppfyller de krav som Perrow fastställt i sin teori. Detta låter oss svara på frågan om huruvida händelsen på Forsmark 1 kan beskrivas som en *normal olycka*.

Uppsatsen använder sig sedan utav analysens resultat kring händelserna vid Forsmark 1 för att föra en diskussion kring huruvida högrisksystem verkligen existerar, och vilken bärkraft Charles Perrows teori kan anses ha idag. Uppsatsen avslutas sedan med att dess slutsatser redovisas i det sista kapitlet.

1.4 Normal Accident Theory

För tjugotvå år sedan skapade den amerikanska sociologiprofessorn Charles Perrow ett ramverk för att analysera och förstå risker och organisationer där risker hanteras. Perrow klassificerar organisationer utifrån det sätt de är uppbyggda och

benämner sedan dem utifrån dessa klassificeringar. Klassificeringarna använder sig sedan Perrow av när han problematiserar olika system, inte organisationer då dessa syftar till verksamheten med dess flöden, för att analysera risken för att en olycka ska inträffa. Med namnet på teorin *Normal Accident Theory* vill Perrow signalera att, givet vissa karaktäristika på ett system, är det inte en fråga om, utan när, en olycka kommer att ske.

Detta ger uttryck för systemets karaktär, inte för olycksfrekvensen (Perrow 1999 s. 5). I sin bok, *Normal Accident Theory – Living with high risk technologies* (1999), beskriver Perrow hur vi bygger upp system med mer och mer avancerad teknologi, och att system med denna avancerade teknologi besitter en katastrofpotential. Samtidigt, menar Perrow, är det så att vi, genom att bättre förstå hur och varför risker uppstår, kan reducera eller helt eliminera dessa faror (Perrow 1999 s.3). Perrow fokuserar i sin analys på systemets uppbyggnad snarare än på operatörer eller designers av dessa system (Perrow 1999 s. 63).

För att förstå hur Perrow resonerar och hur han klassificerar system ur ett riskanalytiskt perspektiv kommer vi nedan att strukturera och definiera de huvudbegrepp som återfinns i Perrows teori. Detta omfattar även en definition av begreppet *Accident*, som vi fortsättningsvis i uppsatsen kommer att benämna olycka. Begreppet *Incident* kommer vi även fortsättningsvis i uppsatsen benämna som incident. Då titeln på boken varifrån vi hämtat teorin har samma namn som teorin själv, är det på sin plats att börja med att definiera vad Perrow anser vara en olycka, samt vad som är skillnaden mellan en olycka och en incident.

För att en händelse ska definieras som en olycka krävs det till att börja med att denna händelse ska uppstå inom ett system. Händelsen ska vara av sådan art att den är oavsiktlig samt innebära skada för personer eller objekt som påverkar systemets funktion. En olycka innebär vidare att den orsakar omfattande skada på systemet vilket leder till ett avbrott i verksamheten. En incident däremot innebär att en del, exempelvis en ventil, går sönder men att denna händelse inte leder till skada för vare sig personer eller objekt. Händelsen kan leda till att systemet tillfälligt måste stängas ner och att detta förorsakar ekonomiska förluster. Skillnaden är att den felande komponenten inte leder till omfattande skador i omgivningen. Perrows formella definition lyder:

”An Accident is a failure in a subsystem, or the system as a whole, that damages more than one unit and in doing so disrupts the ongoing or future output of the system. An incident involves damage that is limited to parts or a unit, whether the failure disrupts the system or not. By disrupt we mean the output ceases or decreases to the extent that prompt repairs will be required.” (Perrow 1999 s. 66).

Perrow skiljer på vad han kallar *Component failure accidents* och *System accidents*. Perrow definierar dessa kategorier genom att skilja på om händelsen är förväntad eller oväntad samt huruvida det finns någon interaktion mellan flera komponenter. *Component failure accident* utgörs av en eller flera felande komponenter som är sammankopplade i en förväntad sekvens medan *System accidents* involverar multipla fel som interagerar på ett oväntat sätt i ett system (Perrow 1999 s. 70).

Är det då bara interaktionen som betyder något när vi talar om system och risker som kan leda till olyckor? Nej, enligt Perrow är det mycket vanligt med någon typ av interaktion i system. För att förstå hur en händelse påverkar och vad efterverkningarna av en händelse blir i ett system måste man göra åtskillnad mellan så kallade linjära och komplexa system. I ett linjärt system är sambanden mellan olika produktionssekvenser få och sekventiella. Komponenter som felar kan på ett enkelt sätt bytas ut utan att störa resten av systemet (Perrow 1999 s. 86). Vi tar en produktionslinje på Volvo som exempel. Om något skulle inträffa i en del av produktionslinjen är det möjligt att stänga linjen för att åtgärda felet. Under tiden kan ett annat moment, som ingår i produktionslinjen som helhet, utföras. När felet är åtgärdat kan man gå tillbaka och utföra momentet samt starta upp linjen igen. Händelsen som uppstår i ett linjärt system innebär endast ett lokalt störmoment, som möjligtvis rubbat ordningen på monteringen, men i övrigt inte orsakat skada på verksamheten.

Det komplexa systemet, namnet till trots, innebär i Perrows teori motsatsen till det linjära systemet. Här är det så att systemet är uppbyggt så att *en* komponent har multipla funktioner. Exempelvis kan en varmvattenberedare dels ha funktionen att värma gas i en tank, samtidigt som den fungerar som en värmeväxlare som omvandlar överskottsvärme från en kemisk reaktor. Om något skulle inträffa med varmvattenberedaren skulle tanken inte värmas med den påföljden att gasmolekylerna inte kan rekombineras, och den kemiska reaktorn överhettas. Systemet har blivit mer komplex (Perrow 1999 s. 72-73).

Täta och lösa kopplingar är något som sociologer och socialpsykologer tog upp på 1970-talet i syfte att konceptualisera ett visst fenomen. Det visade sig att det, i synnerhet inom skolvärlden, fanns ett glapp mellan den officiella planen och den faktiska verksamheten vilket medförde svårigheter att uppnå utsatta mål. Glappet visade sig bero på att även om de uppsatta målen var realistiska var de endast löst kopplade till de förutsättningar som fanns (Perrow 1999 s. 90). Lösa kopplingar medger att delar i systemet har en egen logik och ett eget intresse. Detta innebär dock inte att systemet är oorganiserat, utan snarare saknar en form av central styrning. Informellt är skolan väl organiserad med sammanhängande intressen och inbyggd redundans för att möta oväntade utmaningar (Perrow 1999 s. 92). Motsatsen till lösa kopplingar benämns som täta kopplingar i betydelsen att i ett tätkopplat system finns det inte någon naturlig redundans. Detta gör att om något inträffar med exempelvis en komponent i ett system med täta kopplingar kommer det med omedelbar verkan påverka en annan komponent (Perrow 1999 s. 90). För att tydligare åskådliggöra innebörden av täta och löst kopplade system har vi nedan ställt upp dess olika kännetecken i en tabell.

Tät koppling	Lös koppling
Förseningar i processen är inte möjligt	Förseningar i processen är möjlig
Sekvenser sker i en viss ordning	Sekvensernas ordning kan ändras
Lite utrymme för ”slack”, kvantiteter ska stämma	”Slack” i resurser möjligt
Ingen naturlig redundans	Redundans uppstår ad hoc

Täta och löst kopplade system är i princip oberoende av de två dimensionerna som vi tidigare tagit upp, linjära respektive komplexa system (Perrow 1999 s. 93). Vi illustrerar nedan sambandet genom att rita upp en figur över interaktion respektive kopplingar. De system som finns utmärkta i figuren är placerade där baserat helt och hållet på Perrows egen syn på systemens uppbyggnad (Perrow 1999 s. 96).

	Linjär	Interaktion	Komplex
Tät		Kraftnät *	Kärnkraftverk *
Koppling			
Lös	Löpandeband Produktion *		Universitet *

För att knyta ihop Perrows teori återgår vi till inledningen i vårt teoriavsnitt där vi anger att Perrow använder sig av vissa karaktäristika för att kategorisera olika system utifrån om de utgör hög eller låg risk. I ovan uppritade figur ser vi hur Perrow vill beskriva olika typer av system, baserat på hur han uppfattar dess uppbyggnad. Ett system med täta kopplingar och komplex uppbyggnad innebär att systemet är ett högrisksystem enligt Perrows definition.

Vi har i texten ovan beskrivit de grundläggande karaktäristika, koppling respektive komplexitet, som Perrow i sin teori menar ligger till grund för huruvida ett system är att betrakta som ett högrisksystem eller ej. Hans slutsats är att de system som genom sin uppbyggnad kan karaktäriseras som komplexa samt har täta kopplingar är högrisksystem, vilket innebär att de ovillkorligen kommer att producera en *normal olycka* (Perrow 1999 s. 5).

1.5 Kritik mot Perrows teori

Charles Perrow är ingalunda en ensam aktör inom riskforskningen. Inom detta fält finns flera forskare som kan anses som mer eller mindre kritiker till den forskning som Perrow bidragit med till vetenskapen. En av dem som bedrivit forskning i ämnet risk och organisation är Gene I. Rochlin.

Den teori som Rochlin burit fram benämns som HRO, *High Reliability Organization* (Rochlin 1999). Den stora skillnaden mellan NAT och HRO är att

HRO framhårdar att om vi bara anstränger oss tillräckligt mycket kan vi ha system där inte olyckor uppstår även om de är både komplexa och tätkopplade. NAT däremot menar att oavsett hur mycket vi anstränger oss kommer högriskssystem, komplexa system med täta kopplingar, att orsaka olyckor (Perrow 1999 s. 369). HRO teoretiker menar att det går att skapa säkerhet genom att skapa en organisation med en stark säkerhetskultur exempelvis genom att sätta upp säkerhetsmål, kontinuerlig träning, lärande från misstag men även träning av oförutsedda händelser. Säkerhetskulturen hålls vid liv genom den kollektiva interaktionen där kunskap och ansvar delas och genom att myter och ritualer vidhålls och odlas (Rochlin 1999).

En annan, i vårt tycke, mycket spännande och för vår uppsats högst relevant kritiker är Andrew Hopkins. Vi är medvetna om att det finns andra som skulle kunna vara relevanta men vi har valt att behandla Andrew Hopkins i vår uppsats utifrån ett antal kriterier. Hopkins artikel är relativt nyligen skriven, 2001, och hans utgångspunkt är händelsen på Three Mile Island, vilket även är Charles Perrows exempel. Vidare har vi en ram för hur omfattande denna uppsats ska vara, och vi har därför valt att behandla materialet på djupet snarare än på bredden.

Perrows käpphäst beträffande kärnkraft såsom exempel på det främsta högrisksystemet är Three Mile Island, USA, och det som skedde där 1979. Andrew Hopkins (2001) har i sin artikel ifrågasatt händelsen på Three Mile Island just utifrån Perrows *Normal Accident Theory*. Hopkins är kritisk till att system, oavsett dess uppbyggnad, är orsaken till att händelser, olyckor eller incidenter, inträffar. Han formulerar sina tankar på följande sätt:

”Good management would have systems designed to override these tendencies and to highlight and respond to warning signs; the failure to establish such systems is a management failure” (Hopkins 2001 s. 67).

Hopkins har analyserat händelsen på Three Mile Island och kommit fram till att det som orsakade olyckan var fyra separata händelser som låg till grund för det som hände. Händelserna var alltså inte orsakade av en enda källa vilket skulle vara fallet i en komplex organisation. Visserligen kunde ingen föreställa sig hur dessa fel interagerade när vattennivån sänks i reaktorn. Hopkins anser att Perrow drar fel slutsats då han menar att det i detta fall inte var nödvändigt att förutse hela sekvensen för att undvika en olycka. Sekvensen var dessutom, tvärtemot det som kännetecknar ett komplext system, mottagligt för avbrott (Hopkins 2001 s. 67).

2 Komplexitet, koppling, katastrof

Händelsen vid Forsmark 1 såsom den beskrivs i denna text grundar sig enbart på de beskrivningar som SKI (Bennemo 2006) och Forsmarksgruppen (Metzén et al 2006) producerat.

Tisdagen den 25 juli 2005 kortslöts ett ställverk som en följd av driftsömläggningar utanför kärnkraftsreaktorn Forsmark 1. När frånskiljaren till ställverket öppnades utan att jordfelskyddet blockerats, skapades en ljusbåge som kortslöt hela ställverket (Bennemo 2006 s. 9). Detta skapade i sin tur en mycket kort och intensiv överspänning som fortplantade sig genom hela kraftverkets elsystem och slog ut halva det batterisäkrade växelspänningsnätet. När den yttre strömförsörjningen försvann reglerades reaktorns effekt automatiskt ner via ett delsnabbstopp. Strömförsörjning upprätthölls kortvarigt via husturbindrift, men eftersom reaktorn snabbstoppades sjönk snart turbinens varvtal så mycket att nätfrekvensen understeg minimumvärdet. Kraftverkets fyra reservgeneratorer erhöll då startsignal på grund av den underspänning som uppstått. Två generatorer kopplades in men två löste ut eftersom varvtalsmätningen på dessa generatorer uteblev. Frånvaron av mätning var en direkt följd av den överspänning som tidigare slagit ut den del av det batterisäkrade växelspänningsnätet som försåg dessa generatorer med ström till varvtalsmätningen (Metzén et al 2006 s. 1f).

Generatorerna kan inte ersätta varandra utan matar var sin del av elnätet. När två generatorer A och B föll bort så blev A och B näten spänningslösa. Detta medförde att mät- och automatikfunktioner samt övervakningsmöjligheter för objekt matade från dessa nät försvann (Metzén et al 2006 s. 9f).

Kraftverket har fyra redundanta el-skenor (nät), två av dessa blev alltså strömlösa utav en och samma störning (Bennemo 2006 s. 1). För att klara en incident som den inträffade krävs att minst en av fyra skall fungera (Bennemo 2006 s. 24).

De vattenpumpar och vattenblåsande ventiler som var strömsatta av A och B näten slutade även de att fungera. Att endast två ventiler öppnades bedöms i efterhand som gynnsamt eftersom vattennivån i reaktorn sjönk. Den sjunkande vattennivån i reaktorn berodde på att huvudcirkulationspumparna strömsatta av A och B näten vars funktion är att pumpa runt vatten i reaktortanken slutade fungera då spänningen försvann (Metzén et al 2006 s. 9f). Då enbart två av fyra pumpar fungerade gjorde detta att vattennivån i reaktorn sjönk. Den fallande nivån startar inpumpning av hjälpmatarvattensystem samt nödkylsystem för reaktorhärden om vattennivån fallit tillräckligt lågt. Även här fungerade dock bara två av fyra system på grund av spänningsbortfallet (Metzén et al 2006 s. 9f).

Som lägst var vattennivån 1,9 meter över härden, när in- och utflödena balanserade varandra, ca. 15 minuter efter strömavbrottet (Bennemo 2006 s. 8 och

19). 1,5 meter är den nivå vid vilken tvångsnedblåsning skall påbörjas (Metzén et al 2006 s. 12). Härdnöd kylsystem strömsatta av C och D var under hela detta förlopp i minflödesdrift. Systemet stod även klart att klara lågtrycksinpumpning i reaktorn när reaktortrycket sjunkit under ca 12 bar (Bennemo 2006 s. 8). Efter 22 minuter återställs spänningen genom att A och B generatorerna startas manuellt. Full kylning kan återupptas samtidigt som kontroll och övervakningsfunktioner återkommer. Man kan först då konstatera att alla styrtavlar verkligen satt i rätt position även om man varit rätt säker tidigare (Metzén et al 2006 s. 11f).

I samband med strömbortfallet stannade även spärr- och läckageångfläkten som håller undertryck i axeltätningarna. Spärrånga blåstes då ut via axeltätningarna som i sin tur utlöste brandlarmet vilket påbörjade sprinkling av turbinhall och turbininneslutningar. Stationstekniker kunde dock efter ett par minuter konstatera att ingen brand skett (Metzén et al 2006 s. 29f).

I förbindelse med brandlarmet försökte man utlösa utrymningslarmet eftersom kamerorna i hallen var utslagna på grund av strömavbrottet och brand således inte kunde identifieras omgående. Även utrymningslarmet fungerade inte då det matas från de då strömlösa kretsarna (Metzén et al 2006 s. 29f).

Det skall även noteras att en startsignal, till anläggningens gasturbin som skall mata 70kV-nätet vid frånfall, skickades. Gasturbinen startade dock inte på grund av fel i automatik. Detta föranledde dock inga konsekvenser eftersom 70kV-nätet fungerade under hela händelsen (Bennemo 2006 s. 8). I kontrollrummet skapade strömavbrottet en situation där ingen operatörsstation förblev brukbar samtidigt som alla kontrolltavlor slocknade. Gasturbinen kunde inte startas manuellt på grund av spänningsbortfallet. (Bennemo 2006 s. 13f). SKI konstaterar att

”Informationen från instrument matade från de spänningssatta subarna är korrekt medan informationen från de spänningslösa uteblir. Detta kan innebära för operatörerna att bilden av situationen inte blir entydig och därför fordrar extra insatser för kontroll och verifiering.” (Bennemo 2006 s. 25f).

Kärnkraftverket är konstruerat så att alla säkerhetsfunktioner under den första halvtimmen är automatiserade. Detta ger tid för operatörerna att överblicka situationen. Att operatörerna kopplade in de felande generatorerna efter 22 minuter var inget fel utan korrekt agerat slår SKI fast. Tidpunkten var dock inte kritisk eftersom in- och utblåsning i reaktorn redan normaliserats med hjälp av de två strömsatta skenorna (Bennemo 2006 s. 25).

Ovan beskrivning av händelsen vid Forsmark är inte tekniskt fullständig, inte heller tar den upp alla fel som inträffade. Dessa var betydligt fler än de redovisade. Vi har dock försökt hålla redovisningen av händelsen på en nivå som inte är överdrivet avancerad men som ändå förmedlar händelsens övergripande karaktäristik. Vi bedömer att händelsen såsom den beskrivs ovan räcker för att läsaren i stort skall förstå vad som hände.

Vidare i detta kapitel skall vi nu titta närmare på händelsen vid Forsmark 1 med hjälp utav Perrows glasögon för att avgöra huruvida händelsen kan ses som en *normal accident*. Frågan om huruvida händelsen vid Forsmark 1 kan ses som

en *normal olycka* besvaras således med hjälp utav att inledande betrakta händelsen genom *Komplexitet, Koppling och Katastrof* som tre analytiska filter.

Händelsen på Forsmark 1 hade således sitt ursprung i en överspänning på ett yttre ställverk. Spänningen fortplantade sig genom systemet som i ett antal avseenden inte klarade av att hantera den och kortslöts. Två av fyra el-skenor blev spänningslösa vilket gjorde att 2 av fyra reservkraftverk inte startade på grund av ett konstruktionsfel. Detta resulterade i snabbstopp av turbiner och reaktorn. Under denna kritiska period saknade kontrollrummet ett stort antal kritiska övervakningsfunktioner på grund av strömavbrottet.

2.1 Komplexitet

Händelserna vid Forsmark 1 i juli 2006 utmärker sig i sin komplexitet. Än idag förstår SKI och Forsmark 1 inte fullt ut allt som skedde när händelsen inträffade. Man har exempelvis inte kunnat avgöra varför Turbin 2 automatisk gick över till turbinstopp som stängde av ångtillförseln till turbinen.

Händelsen som inträffade var unik och uppmärksammade att fyra el-skenor som ansågs vara redundanta inte var visade sig vara det, då två av dessa el-skenor blev strömlösa genom en och samma störning (Bennemo 2006 s. 1).

Perrow menar att ett komplext system är ett sådant ”in which one component can interact with one or more other components outside of the normal production sequence, either by design or not by design. [...] *Complex interactions* are those of unfamiliar sequences, and either not visible or not immediately comprehensible.” (Perrow 1999 s. 78).

Om man fortsätter att jämföra händelsen vid Forsmark 1 med citatet ovan så står det klart att händelsen på många sätt kan ses som komplex i ett system som till stora delar är komplext. Forsmarks Kraftgrupp hade inte förstått att ett fel som det inträffade skulle kunna ske; man levde i tron att el-systemen var redundanta. I det inträffade felet så interagerade sålunda en komponent med en annan på ett sätt som det inte var tänkt att den skulle kunna göra. Då det som Perrow benämner som obekanta sekvenser, *unfamiliar sequences*, inträffade är händelsen att betrakta som komplex.

Huruvida kärnkraftsverket i sig är att betrakta som komplext är en alldeles för stor fråga för denna uppsats även om vi delvis kommer att återkomma till den i nästa kapitel. Just nu kan vi slå fast att Perrow anser att kärnkraftverk är att betrakta som oerhört komplexa (Perrow 1999 s. 16f).

Olyckan vid Three Mile Island som Perrow använder i sin bok *Normal Accidents* (Perrow 1999) ses ofta som Perrows paradexempel för att illustrera *Normal Accidents*.

Det är spännande att notera att det fel som uppstod i UPSarna² (dvs. att de slogs ut av en kraftig överspänning) är ett resultat av att Forsmarks Kraftgrupp

² UPS = Uninterrupted Power Supply (en kombinerad likriktare och växelriktare). Att det batterimatade nätet slogs ut var en direkt effekt utav att två UPS enheter slogs ut (Bennemo 2006 s. 4).

uppgraderat systemet. De ersatte då ”så kallade roterande omformare vilka hade samma principiella funktion. Dessa var baserade på mekanisk teknologi och hade stor tålighet mot elektriska störningar.” (Bennemo 2006 s. 11). Detta visar på hur övergången från linjär till komplex teknik kan skapa större risker.

Anledningen till UPS:arna slogs ut, utöver den kraftiga överspänningen, var för att de inte var inställda för att klara störningar av den typ som inträffade. SKI menar i sin rapport att ”vid den kraftiga spänningsstörningen med de parameterinställningar som rådde var det helt logiskt att UPS-systemen slogs ut.” (Bennemo 2006 s. 11).

I den fortsatta utredningen av händelsen menar SKI att det måste göras en djupare analys av varför ”UPS:erna inte var dimensionerade för elstörningar av den typ som inträffade.” (Bennemo 2006 s. 11).

Det är inte möjligt att för oss att i denna uppsats klargöra om detta berodde på systemets komplexitet eller operatörsfel vid installation. Att SKI menar till vidare analys av UPS:ernas dimensionering tycks tyda på att det inte enbart är ett komplext system som man inte kunde förväntat sig att Forsmark kunnat penetrera. SKI:s antydningar går snarare i riktningen åt att man anser att det borde ha varit självklart att dimensionera UPS:erna för att klara en störning av den typ som nu inträffade. Det går inte att i denna uppsats komma vidare i denna analys, men vi kan konstatera att det inte tycks vara glasklart att det var systemets komplexitet som ensamt ansvarade för denna del av felkedjan. I sammanhanget finns det anledning att komma ihåg att den ursprungliga anledningen till den elektriska störningen var arbeten i ett ställverk. SKI skriver i sin rapport:

”Vid den aktuella och rätt speciella driftläggningen skall jordfelskyddet blockeras i samband med manövrering av frånskiljare. Hade blockering gjorts skulle felet ha brutits bort efter ca 100 ms av samlingssskeneskyddet. Detta hade givit en mildare störning och liknat ett vanligt lastfrånslag och sannolikt inte medfört några konsekvenser för stationens dieselsäkrade skenor.” (Bennemo 2006 s. 9).

Svenska Kraftnät felbedömde dock detta behov när man upprätta sin arbetsorder. Sedan tidigare finns det flera exempel på att handhavandefel vid dessa ställverk. Forsmarksgruppen själva har tagit initiativ till att förbättra rutinerna för kontakt med Svenska Kraftnät gällande underhåll av ställverk (Bennemo 2006 s. 9). Även om felet inträffade vid en speciell driftläggning är det svårt att se hur den egenskapen i sig skulle göra felet komplext, inte heller ställverket som system är att betrakta som särskilt komplext. Det inträffade felet går istället enklare att spåra till ett handhavandefel. Det finns rutiner för hur underhåll vid ställverket skall skötas men de har inte följts på grund av dålig kommunikation mellan Forsmarksgruppen och Svenska Kraftnät.

Eftersom Svenska Kraftnät har ansvaret för ställverket är det också deras ansvar att ta reda på fakta innan underhåll. Forsmarksgruppen skriver i sin olycksrapport att ”kopplingarna i ställverket inte utförts på ett korrekt sätt på grund av bristande administrativa rutiner” (Metzén et al 2006 s. 25).

Detta resonemang leder oss dock inte till att anta att händelsen vid Forsmark 1 skulle vara fullständigt linjär och i avsaknad av komplexa faktorer. Ett sådant

tankesätt är felaktigt. Händelsen var komplex och oväntad, men det finns anledning att föra med sig tanken om att händelsen trots allt startade med ett linjärt fel till nästa kapitel där detta kommer att behandlas vidare.

Den tillsynes mest komplexa delen av felkedjan är upptäckten av att redundansen mellan reservsystemen för kraftmatning saknades. Att reservgeneratorerna krävde matningen över 220 V nätet som i sin tur matades av UPS:erna när yttre spänning saknas var ett designfel. Komplexiteten i systemet gjorde att Forsmarksgruppen inte hade förstått att en sådan koppling fanns. Denna koppling ledde till att två el-skenor förblev strömlösa efter att både yttre spänning och det batterimatade nätet slutat fungera.

Detta har sammantaget visat på hur händelsen kan beskrivas som komplex men att det finns betydande inslag av linjära delmoment, samtidigt som det finns delmoment som det inte går att slå fast i denna uppsats huruvida de är att betrakta som komplexa eller ej.

2.2 Koppling

Att avgöra huruvida Forsmark 1 kan anses ha en lös eller tät koppling är inte helt lätt eftersom detta på intet sätt är uppenbart.

Kopplingen i Forsmarksverket kan ses som *tät* eftersom det inträffade strömbortfallet omedelbart skapade problem. Huvudcirkulationspumparna stannade exempelvis i nära anknytning till strömbortfallet. Bortfallet av spänning var således tätt kopplat till den omedelbara funktionen av ett stort antal system.

Samtidigt finns det goda anledningar att se systemet som löst. Framförallt genom att, även om allt slutar fungera vid Forsmark 1, så händer ingenting avgörande under de första 30 minuterna. Om strömmen försvinner totalt så inträffar det således inte en härdsälta direkt utan det dröjer minst 30 minuter innan en härdsälta inträffar. Detta ger personalen tid att vidta åtgärder för att avstyra en eventuell katastrof, vilket är själva definitionen av ett löst kopplat system.

Charles Perrow skriver att:

”A tightly coupled system is highly interdependent; each part is linked to many other parts, so that a failure of one can rapidly affect the status of others. A malfunctioning part cannot be easily isolated either, because there is insufficient time to close it off or because its failures affect too many other parts, even if it does not happen rapidly.” (Perrow 1982 s. 174).

Man kan konstatera att händelsen vid Forsmark 1 stämmer in på Perrows beskrivning av ett tätt system såtillvida att ett fel i ett system snabbt påverkade ett antal andra system. Men samtidigt så fanns det tid att isolera den felande delen även om felet påverkade en mängd andra delar. Trots att felet skapade en informationsblockad då ett stort antal monitorer och terminaler slocknade, tog det 22 minuter att isolera samt åtgärda felet.

Det visar på att händelsen vid Forsmark 1 bara kan ses som delvis tätt kopplad. I förlängningen betyder det att kärnkraftverket Forsmark 1 som system inte är tätt kopplat, men samtidigt inte heller löst.

2.3 Olycka och Katastrof?

När Charles Perrow beskriver en olycka som ett "[...] failure in a subsystem, or the system as a whole, that damages more than one unit and in doing so disrupts the [...] output of the system." så är det lätt att relatera den beskrivningen till vad som inträffade vid Forsmark 1 (Perrow 1999 s. 67). När frånskiljaren öppnades i ställverket och en ljusbåge skapades, vilket medförde tvåfasig kortslutning i ställverket såväl som i halva det batterisäkrade nätet via UPSarna, är inte det att tolka som annat än att anläggningen tog skada. En skada som genom att den lämnade kärnkraftverket till stora delar strömlöst framtvungade ett snabbstopp av reaktorn och därmed elproduktionen.

Det finns således fog att beskriva det inträffade vid Forsmark 1 såsom en olycka med hjälp av Perrows egen definition. Perrow breddar sedan sin definition genom att lägga till *system accident* till sin begreppslista (Perrow 1999 s. 70). En systemolycka såsom Perrow beskriver den är en olycka som "involve the unanticipated interaction of multiple failures" (Perrow 1999 s. 70). Detta kan ses som en beskrivning av vad som hände vid Forsmark 1. Såsom visats ovan skapade ett antal fel i systemen, som ansågs vara oberoende av varandra, en samlad komplex felkedja. Det som hände vid Forsmark kan således också ses som en systemolycka.

Denna olycka ledde dock inte till en katastrof, redundansen i systemet klarade av att hantera även en oförutsett händelsekedja samtidigt som den inbyggda lösa kopplingen i systemet gav operatörerna tid att återställa eltillförseln för fortsatt säker drift.

Vi kan här således konstatera att händelsen vid Forsmark 1 är att se som både olycka och systemolycka i enlighet med Perrows definitioner. Nästa kapitel sammanför resultaten från detta kapitel för att avgöra om olyckan vid Forsmark 1 är att betrakta som en *normal olycka*.

3 Normal olycka på Forsmark 1?

”It is termed normal because it is inherent in the characteristics of tightly couples, complex systems and cannot be avoided.” (Perrow 1982 s. 174).

Med citatet ovan i minne om hur Charles Perrow definierar den normala olyckan rör vi oss i detta kapitel vidare för att med hjälp utav resultatet i tidigare kapitel försöka svara på frågan om huruvida händelsen vid Forsmark 1 kan ses som en *normal olycka*.

Även om Charles Perrow i sin bok *Normal Accidents* (1999) valt att beskriva kärnkraftverk som både täta och komplexa har vi visat att kärnkraftsreaktorn Forsmark 1 inte kan beskrivas som alltför tät. Samtidigt är det svårt att här avgöra i vilken grad Forsmark 1 kan ses som komplex. Vi har samtidigt visat att *händelsen* vid Forsmark 1 i juli 2006 inte kan beskrivas som tät, samtidigt som vi höjt ett antal frågetecken gällande huruvida *händelsen* enbart var komplex då ett antal aspekter snarare var av linjär karaktär.

Den olycka som under 22 minuter drabbade Forsmark 1 slutade inte i en normal olycka – med hjälp utav systemets redundans, lösa koppling samt operatörerna ingripande kunde en olycka avhjälpas.

Följer man Perrows tankesätt är det logiskt att det inte inträffade en katastrof då vi kunnat konstatera att systemet inte är tätt kopplat. Samtidigt som det finns anledning att ifrågasätta graden av komplexitet i såväl händelsen som i systemet. Vi sluter oss därför till att det finns anledning att anta att händelsen vid Forsmark i juli 2006 inte går att betrakta som en normal olycka.

Vi har i denna uppsats visat att det är tveksamt huruvida Perrows teori kan förklara händelsen vid Forsmark 1 samt att denna incident med viss sannolikhet inte går att beskriva som *normal*. Om vår analys fogas samman med de resultat som Hopkins (Hopkins 2001) och Rochlin (1999) tagit fram i sin forskning kring risk så finns det all anledning att tvivla på Perrows teori om att den normala olyckan skulle existera. Kärnkraftsolyckan på Tjernobyl kan enligt Perrow inte beskrivas som normal och inte heller som ett systemfel. Perrow beskriver denna händelse som ”alarmingly example of organizational elite not trying very hard” (Perrow 1994 s. 218) Hopkins hävdar att ingen av de allvarliga olyckor som inträffat i modern tid, Tjernobyl, Bhopal och Challenger, kan förklaras med hjälp av Normal Accident Theory. Andrews drar därför slutsatsen att teorin inte är så användbar som man först kanske trott. Han framför istället en teori som bygger på att om olyckor är normala så är de det endast på grund utav slapt ledarskap, inte på grund av systemets komplexitet och täta kopplingar (Hopkins 2001 s. 66 och s. 72). Denna teori om att olyckor skapas på grund av mänskliga faktorer, och därför

också kan förebyggas är en ide som Rochlin delar. Han menar att det viktigaste för att förebygga risker är att odla en säkerhetskultur på arbetsplatsen. Väsentligt för detta arbete är interaktion och kommunikation för att skapa en lärandemiljö där även myter och ritualer hålls vid liv. Vidare är träning av oförutsedda händelser en viktig ingrediens för att hålla säkerhetskulturen levande.

4 Slutsats

Charles Perrows teori har gett oss ytterligare ett verktyg att förstå vår omvärld och analysera risker. Även om teorin själv kanske inte erbjuder en komplett verktygslåda så bidrar den åtminstone med ett perspektiv på riskanalys. Samtidigt frågar vi oss om dess yttersta perspektiv; att komplexa system i sig själv är dömda att misslyckas verkligen kan upprätthållas. Om så är fallet, hur skulle vi då med hjälp utav Charles Perrows perspektiv kunna vi förstå människokroppen? Nog är det så att den med lätthet kan uppfattas som både komplex och tät i sina kopplingar. Kanske är en sådan analogi att ta Perrows teori för långt? Men samtidigt tvingar analogin oss att fundera kring hur långt Charles Perrows teori kan föra oss i ett resonemang om säkerhet och risk.

Vad vi visat på är att det finns minst två sätt att förstå och förebygga risker. Det ena sättet håller systemet ansvarigt medan det andra sättet håller organisationen ansvarigt. Vår studie kring händelsen på Forsmark 1 har visat att Perrows *Normal Accident Theory* själv inte kan förklara alla aspekter av olyckan. Vår studie innebär inte någon dödsstöt för Charles Perrows teori, men vi kan konstatera att Perrows *Normal Accident Theory* inte stärks av vår analys av händelsen på Forsmark 1. Vår analys gör gällande att Perrows teori ensam inte klarar av att förklara risker och olyckor. För att förstå riskers fulla dynamik menar vi att det krävs en komplettering med andra teorier och analysingångar. Information som kan vara värdefull att ta med till det praktiska arbetet med att förebygga olyckor.

5 Referenser

- Bennemo, Lars, 2006. ” Granskning av FKA:s ansökan om återstart av Forsmark 1 och 2 med anledning av händelsen på Forsmark 1 den 25 juli 2006.”, *SKI – Granskningsrapport*. SKI 2006/779. Tillgänglig via internet från <http://www.karnkraft.com> den 14 januari 2007.
- Bergström, Göran – Boréus, Kristina, 2000. *Textens mening och makt. Metodbok i samhällsvetenskaplig textanalys*. Lund: Studentlitteratur.
- Esaiasson, Peter – Gilljam, Mikael – Oscarsson, Henrik – Wängnerud, Lena, 2005. *Metodpraktikan – Konsten att studera samhälle individ och marknad*. Stockholm: Norstedts juridik.
- Hopkins, Andrew, 2001. ”Was Three Mile Island a ‘Normal Accident’?”, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 9, nr. 2, s. 65-79.
- Lupton, Deborah, 2005. *Risk*. London: Routledge
- Metzén, Niclas – Njurling, Göran – Lansåker, Pär, 2006. ”Forsmark 1 – störningsanalys – Bortfall 400kV samt utebliven dieselstart i A- och B-sub.” Forsmarks Kraftgrupp, Dokumentnr. F1-2006-0609. Tillgänglig via internet från <http://www.karnkraft.com> den 14 januari 2007.
- Moberg, 2001. ”Kärnkraftsolyckan i Tjernobyli”, *SSI Rapport*, år 2001, nr. 1.
- Perrow, Charles, 1982. “The President’s Commission and the Normal Accident” s. 65 i Hopkins, Andrew, 2001. ”Was Three Mile Island a ‘Normal Accident’?”, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 9, nr. 2, s. 65-79.
- Perrow, Charles, 1999. *Normal Accidents*. Princeton University Press: Princeton
- Rochlin, Gene, 1999. “Safe operation as a social construct”, *Ergonomics*, Vol. 42, Nr. 11, s. 1549 – 1560.
- SKI, 2007a. “Tjernobylylyckan”, tillgänglig via internet från <http://www.ski.se/page/1/49.html?29914> den 7 januari 2007.
- SKI, 2007b. “Om SKI”, tillgänglig via internet från <http://www.ski.se/> den 12 januari 2007.
- Winnerstig, Mike, 2000. “Allians eller maktbalans? USA och den europeiska säkerhetsproblematiken, 1990-1997”, s. 196-246 i Aggestam, Lisbeth – Engelbrekt, Kjell – Wagnsson, Charlotte – Winnerstig, Mike *Europeisk säkerhetspolitik*. Lund: Studentlitteratur.