

Analysera för att agera - Om livscykelanalyser och miljödeklarationer

Detta är Bakgrund nr 1 från 2014. [Den kan även hämtas ned som pdf \(4,8 MB\).](#)

En vara eller en tjänst kan ge en önskad nytta för människan och för samhället men samtidigt medföra miljöpåverkan genom resursuttag, utsläpp från processer, transporter, avfall med mera. Se bild 1. Nyttan och påverkan behöver vägas mot varandra. Den här skriften syftar till att ge insyn i hur man på ett standardiserat sätt kan samla in och kommunicera data om miljöpåverkan från varor och tjänster: livscykelanalyser, miljödeklarationer, klimatdeklarationer och klimatpåverkan från produkter, så kallade *carbon foot prints*. Skriften vill också ge en insikt i hur resultaten av studier kan tolkas så att läsaren kan se både möjligheter och svagheter i metoderna. Livscykelanalyser (LCA) eller livscykelinventeringar (LCI) är etablerade verktyg inom forskning, men används även inom industrin. International Standards Organisation (ISO) började standardisera LCA år 1993 och arbetet pågår fortfarande. Erfarenheter tillförs befintliga standarder och nya standarder utvecklas när nya behov uppstår.

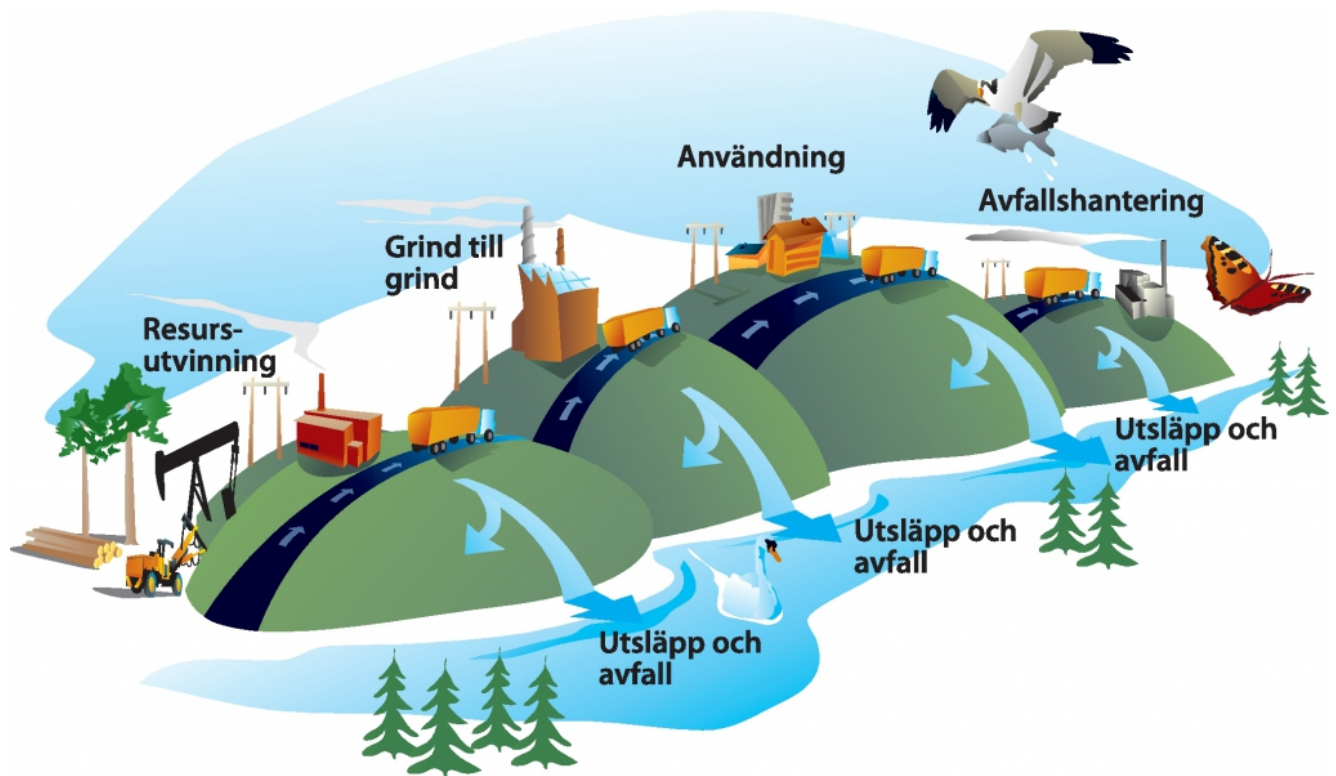


Bild 1. Resurser hämtas från naturen i gruvor, från oljekällor och från skogs- och jordbruk. Dessa resurser anrikas och förädlas i olika slag av anläggningar och orsakar utsläpp till luft, mark och vatten. Sedan används de förädlade råvarorna i tillverkning av produkter, återigen med utsläpp till luft, mark och vatten. Produkterna lämnar fabriksgrinden och transporteras till användare som tillför ytterligare resurser samt orsakar utsläpp till omgivningen. Ett exempel på en produkt kan vara en tvättmaskin som vid användningen behöver, el, vatten och tvättmedel.

Öka kunskapen för att förstå miljöfrågor

Diskussionen kring miljön utgår från människors kunskap, erfarenheter, önskningar, åsikter och även fördomar. Begreppet *hållbar utveckling* hör vi ofta och det är inte alltid klart hur det definieras, dock finns det enighet om att det handlar om miljö, ekonomiska och sociala frågor. Miljöpåverkan handlar ofta om utsläpp till mark, luft och vatten. Det kan vara resursförbrukning, inklusive vattenförbrukning. Det är påverkan på biologisk mångfald. Det kan också vara toxicitet och joniserande strålning från radioaktiva ämnen.

Informationen är komplex att ta in och värdera. Saklig information om vad som påverkar miljön kan ibland bokföras i en inventering, men att väga olika miljöpåverkansfaktorer mot varandra är svårare. En sammanvägning har ofta en

subjektiv del som vi har olika uppfattning om. Att jämföra försurande utsläpp med vattenförbrukning eller radioaktivitet är inte helt enkelt. Den ökande mängden växthusgaser är ett allt större hot för världens klimat. Risken för internationella konflikter vid brist på el och bränslen är påtaglig. Dessa hot och risker måste båda beaktas.

LCA:er genomförs och används av företag, institut, branschorganisationer och universitet. Företag kan analysera med egen personal eller genom inhyrda konsulttjänster, men företaget tar i båda fallen ansvar för resultaten. Resultaten kan kommuniceras externt till kunder och är då oftast granskade av oberoende expertis. De kan också användas i förbättringssyfte inom företaget och då är oberoende granskning inte lika viktig.

Analyser som genomförs på universitet granskas i de traditionella granskningssystem som används för vetenskapliga publikationer.

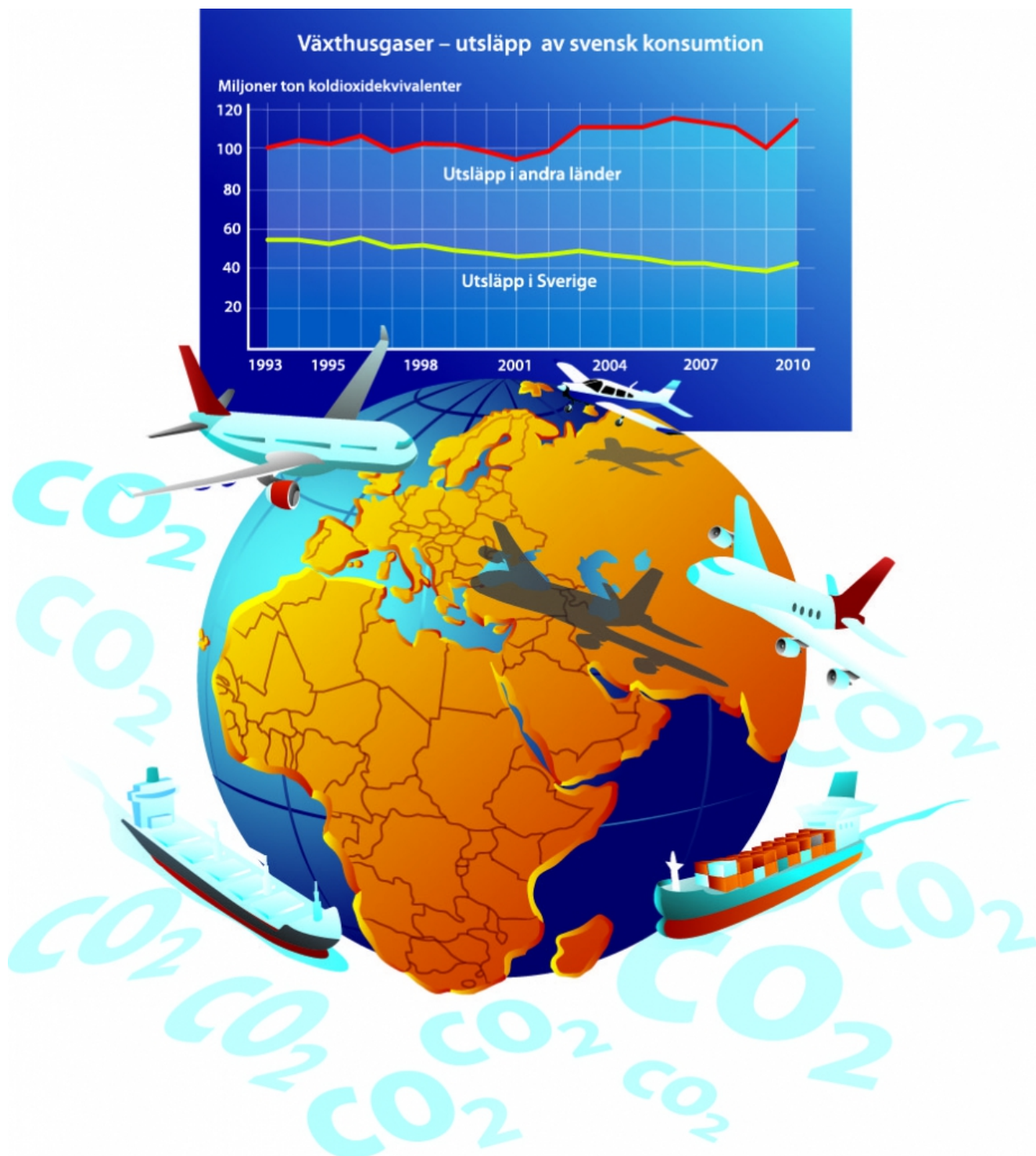


Bild 2. Varor bör belastas med miljöpåverkan från hela livscykeln. Industrieländer bör i sin nationella statistik bokföra miljöpåverkan från sin konsumtion – såväl egenproducerade som importerade varor och tjänster. Diagrammet visar växthusgasutsläpp orsakade av den svenska konsumtionen. Utsläppen har från 1993 till 2010 ökat från 100 till 115 miljoner ton. Utsläppen i andra länder orsakade av svensk konsumtion har ökat med 26 miljoner ton samtidigt som de inhemska utsläppen orsakade av svensk konsumtion minskat med 11 miljoner ton. Underlaget är hämtat från Naturvårdsverket [\[1\]](#).

Miljöpåverkan och handel

Den internationella handeln gör det tydligt att man bör beakta allt som inträffar i en produktionskedja – från vaggan till graven – oberoende av nationsgränser. Det räcker inte att begränsa sig till det som sker i den egna kommunen eller det egna landet. För svensk export skulle det vara positivt om ett sådant synsätt spreds, då varor som tillverkas inom landet har en relativt förmånlig hållbarhetsprofil. Det skulle också tydliggöra hur vi i Sverige genom vår konsumtion påverkar miljön globalt och i andra länder.

Balansen är inte nödvändigtvis till fördel för Sverige som helhet, då vi genom att importera många varor utifrån även "importerar" miljöpåverkan.

Förändring av produkter och produktion för att ge bättre miljöprestanda kräver kunskap och helhetsperspektiv inom företagen. Det är viktigt att definiera vad som påverkar miljön mest i en produktkedja eller process för att kunna börja en effektiv förändring. En inköpare av varor behöver information då det kan hända att inköpta varor är det stora miljöproblemet för företaget. Inköpare behöver kunna värdera och jämföra leverantörer, inte bara i ekonomiska termer utan även när det gäller miljön och socialt ansvar. På så vis kan inköpare sätta press på sina underleverantörer. Konsumenter kan också påverka genom att vara kunniga, kräva information och utöva makt genom medvetna val av varor och tjänster. Politiker och myndigheter som styr genom lagar, regler, skatter, avgifter och subventioner behöver kunskap och fakta för att skapa effektiva regler och ramar för samhälle, företag och marknader. Effektiva styrmedel kräver en helhetssyn; om den saknas uppstår lätt suboptimeringar genom detaljstyrning.

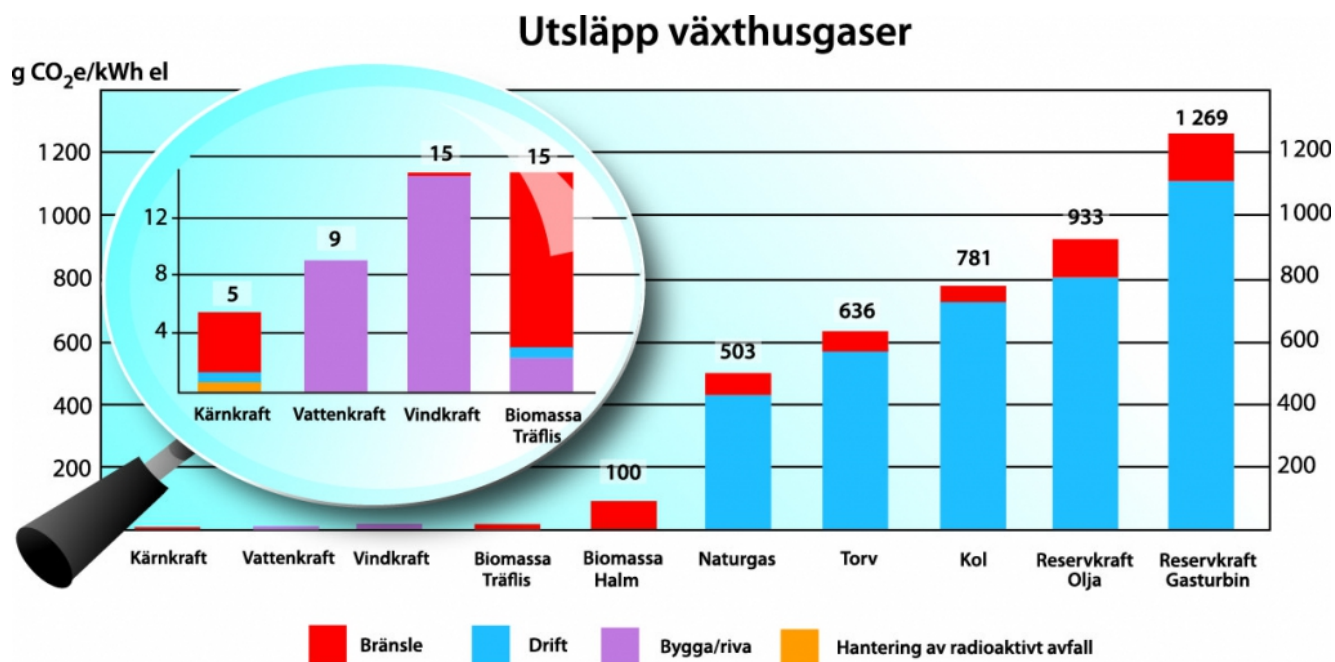


Bild 3. Vattenfall har under lång tid genomfört livcykelanalyser. Bilden visar jämförelser av CO₂-utsläpp, uttryckt i koldioxidekvivalenter per kilowattimme producerad el, för olika kraftslag med specifika data för Vattenfalls anläggningar. Resultatet är alltså inte giltigt för andra leverantörer. Mer information och diagram för andra utsläpp finns att hämta på Vattenfalls hemsida [\[2\]](#).

Livscykelanalys av elproduktionen

Många LCA:er är gjorda för olika slag av elproduktion. De har utförts av olika aktörer och med olika syften. Systemgränserna kan variera från en LCA till en annan. De data som använts har varit av olika kvalitet och ofta varit generella för de fall de inte gjorts av elproducenter eller tillverkare av produktionsanläggningar. Ibland har analyserna följt ISO-standarderna. Det är inte helt lätt att jämföra dessa analyser sinsemellan om de inte använt samma metod och samma systemgränser. Flera kraftbolag, däribland Vattenfall, har gjort LCA:er som som följer ISO-standard, bygger på specifika data och är öppet redovisade. Vattenfalls livscykelanalys beskriver företagets nordiska produktion och presenterar även jämförelser mellan olika kraftslag. Underlaget för presentationen kommer från de omfattande miljödeklarationer som Vattenfall gjort men också från andra specifika studier. Det går att göra diagram för många olika parametrar och Vattenfall har valt att presentera värden för utsläpp av växthusgaser, kväveoxider och svaveldioxid. Diagram för växthusgaser för olika kraftslag visas i bild 3.

Miljövarudeklaration EPD[®] är omfattande

En LCA har sina begränsningar genom att den är fokuserad på utsläpp till mark, luft och vatten och resursuttag. Det finns frågor som inte tas med, såsom biodiversitet, risker och sociala frågor. För elproduktion blir det väldigt tydligt att LCA inte räcker då några av vattenkraftens och kärnkraftens viktiga miljöpåverkansfaktorer inte kommer med. Miljödeklarationer enligt ISO 14025 hanterar detta. För el från några olika typer av kraftverk finns det EPD[®]:er (Environmental Product Declaration). Det är omfattande studier som resulterar i rapporter som är externt granskade; för exempelvis el från kärnkraftverket i Ringhals omfattar rapporten mer än 50 sidor. Det finns dock sammanfattningar av resultaten som ger en inblick i den fullständiga rapporten. I bilagan längst bak i denna skrift finns en sammanfattning av Ringhals EPD[®].



Bild 4. Allt fler producenter genomför klimatdeklarationer eller "carbon foot prints". De visar en enda miljöpåverkansfaktor och kan ses som löpsedlar som får

kunder och andra miljöintresserade att ta reda på mer. Mer information finns att hämta på Environdecs webbplats [\[3\]](#).

Klimatdeklarationen - en löpsedel

En klimatdeklaration är ett utdrag ur en miljödeklaration, EPD[®], se bild 4. Den redovisar en enda miljöpåverkan - utsläpp av växthusgaser. Det går inte att säga att en vara eller tjänst är överlägsen bara för att den har mindre utsläpp av växthusgaser. Men för ett företag som har målet att minska sin klimatpåverkan är informationen värdefull. Dessutom bygger klimatdeklarationer på en miljödeklaration, EPD[®], som redovisar ytterligare information. Tillvägagångssättet för klimatdeklarationer kan hämtas på det internationella EPD[®]-systemets hemsida.

Klimatdeklarationer har gjorts för olika slag av varor och tjänster såsom el, livsmedel, cement och pumpar. De finns på webbplatsen under EPD[®]:er som ett slags löpsedlar för de mer omfattande rapporterna. Klimatdeklarationerna har utvecklats för att möta ett växande kundtryck.

Elen i fokus

El är speciellt intressant som en förutsättning för all varu- och tjänsteproduktion, och säker eltillförsel är avgörande för välfärden i samhället. Det betyder dock inte nödvändigtvis att mer el ger mer välfärd. Elen har speciella egenskaper eftersom den konsumeras i samma ögonblick som den produceras. Elproduktionen måste därför i varje ögonblick anpassas till behoven. Ett samhälle som tvingas anpassa sig till en ojäm elproduktion får det svårt att etablera industrier och samhällsfunktioner, vilka då måste gardera sig med egen elproduktion, till exempel från dieselaggregat.

El kommer som baskraft från kolkraftverk, kärnkraftverk och delvis från vattenkraftverk. Vindkraftverk, solceller och en del vattenkraftverk levererar enbart när naturen så vill. Kraftvärmeverk är ett mellanting eftersom de levererar el när det också behövs värme. En kombination av olika slag av kraftverk, som i bild 5, kan samtidigt både leverera stora volymer till elintensiva industrier och följa snabba förändringar i konsumenternas elbehov.

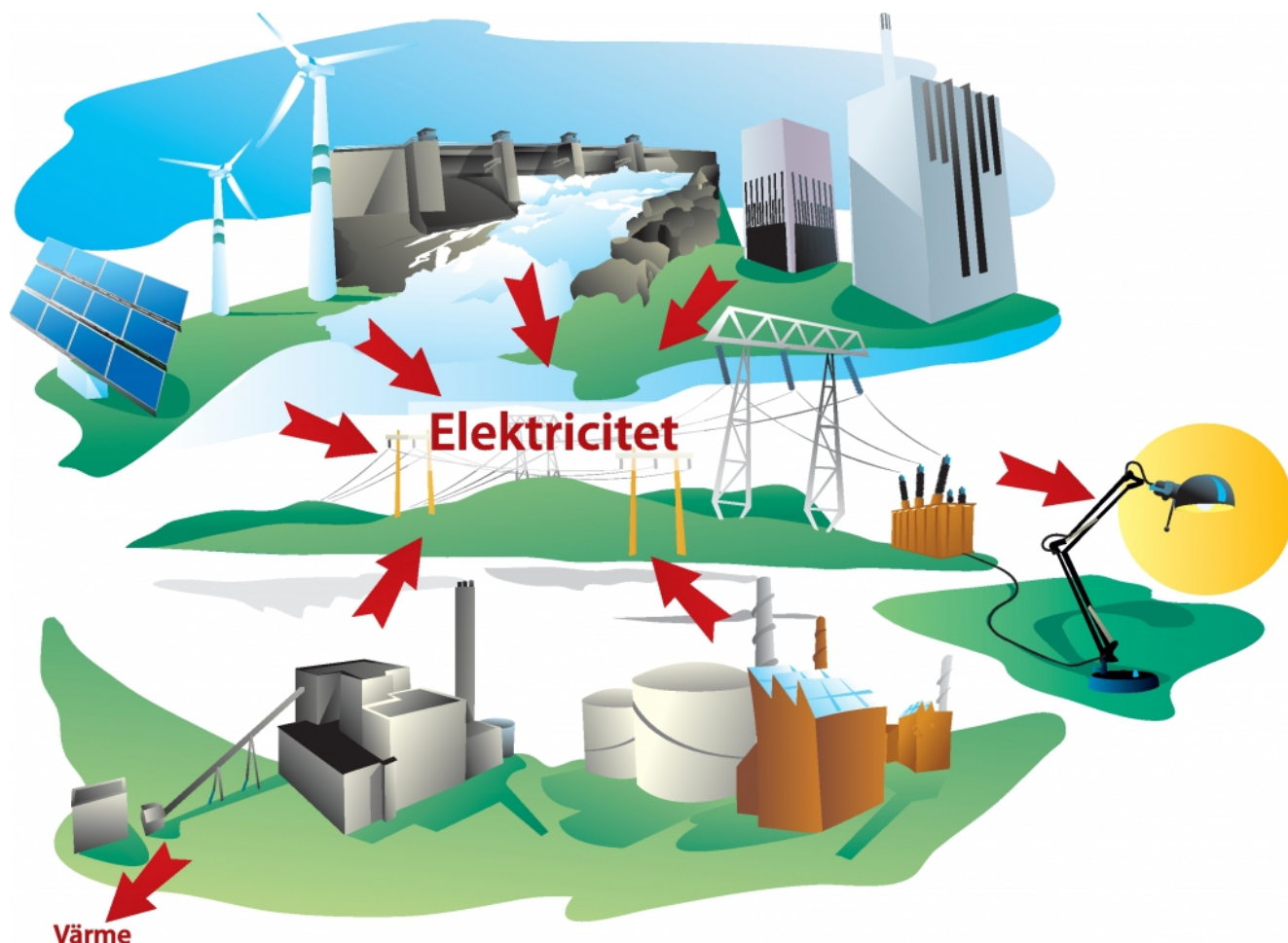


Bild 5. Bilden visar ett elsystem med kraftverk som kan leverera baskraft (kol, olja, gas, kärnkraft och vattenkraftverk med magasin). Där finns också kraftverk som drivs av sol och vind. Vattenkraftverk med magasin kan snabbt balansera ändringar.

Miljöpåverkan från el- och värmeproduktion går inte att uttrycka enkelt genom att bara ange emissioner per kWh då det finns många slag av miljöpåverkan och kraftslagen dessutom har varierande leveransförmåga. Olika slag av elproduktion samspelar mer eller mindre effektivt i ett samlat elsystem. Det finns lokala förutsättningar, såsom tillgång till kylvatten, strömmande vatten, vind och solinstrålning. Inhemsk tillgång till bränsle eller import och lagring är också viktiga faktorer. Prisstabilitet och beroende av marknader med variation i priser behöver också tas med i bilden. Det är förmånligt att ha ett elsystem med olika typer av elproduktion. Miljöpåverkan för de olika elproduktionsslagen skiljer sig åt beroende på var i kedjan – från vaggan till graven – som de har påverkan. Olikheterna visar sig också i vilka typer av miljöpåverkan som är mest betydande.

Den huvudsakliga påverkan från storskalig vattenkraft med magasin är den på landskap och på biologiskt liv. I gengäld ger dessa en flexibel leverans och kan

följa elbehovet. Småskalig vattenkraft utan lagringsmagasin kan leverera el under perioder när det finns rinnande vatten. Den huvudsakliga miljöfaktorn för kärnkraft är det högaktiva och långlivade avfallet, men även oron för att olyckor ska inträffa påverkar uppfattningen om miljöpåverkan. Kärnkraftverken förses med bränsle och drivs vanligtvis på ett sådant sätt att de ungefärligt kan balansera det förväntade elbehovet på års-, månads- och veckobasis. I Sverige låter man vanligtvis inte kärnkraftverken följa snabba ändringar i behovet utan samkör med vattenkraft eller gasturbiner. Det är dock tekniskt möjligt att öka eller minska effekten i stora steg inom några minuter. **Kraftvärmeverk** har förnämlig total verkningsgrad men levererar el endast så länge det samtidigt finns ett värmebehov. Det finns behov av el samtidigt som det behövs värme under den kalla och mörka årstiden. Pappers- och massabruk behöver kontinuerligt ånga i processen och då kan el produceras samtidigt under nästan alla årets timmar och detta kallas **industriellt mottryck**. När kraftvärmeverken eldas med biomassa, till exempel skogsrester, får kraftvärmeverken en mycket förmånlig miljöprofil, förutsatt att biomassauttaget sker på ett miljö anpassat vis genom ett hållbart skogsbruk med återplantering.

Kol, olja och gas kan användas i kraftverk med enbart elproduktion eller i kraftvärmeverk med både el och värme. Här är utsläpp av koldioxid den huvudsakliga miljöpåverkansfaktorn. Det finns även risker i bränslekedjan såsom vid oljeborrning och oljetransporter samt i kolgruvor. Dessa kraftverk har tämligen god förmåga att följa elbehovet.

Det ligger i sakens natur att **vindkraftverk** syns på långt håll men havsbasering kan göra att de upplevs som mindre störande. Under drift har de mycket små utsläpp. De behöver dock ingå i ett system som kan leverera el när det inte blåser, till exempel vattenkraft med lagringsmagasin eller gasturbiner.

Solceller kan vara fördelaktiga främst i områden där solinstrålningen sammanfaller med elförbrukning för luftkonditionering. Den mest betydande miljöpåverkan sker vid tillverkningsprocessen på grund av de ämnen som behöver hämtas i olika gruvor och förädlas, vilket bland annat ger utsläpp av koldioxid i tillverkningsskedet. Solceller som integreras i byggnader ger fördelar framför separata solcellskraftverk.

[Den svenska elproduktionsmixen redovisas årligen av Energimyndigheten i rapporten Energiläget](#)

[4]. Bild 6 visar att svensk elproduktion har två dominerande inslag - kärnkraften och vattenkraften.

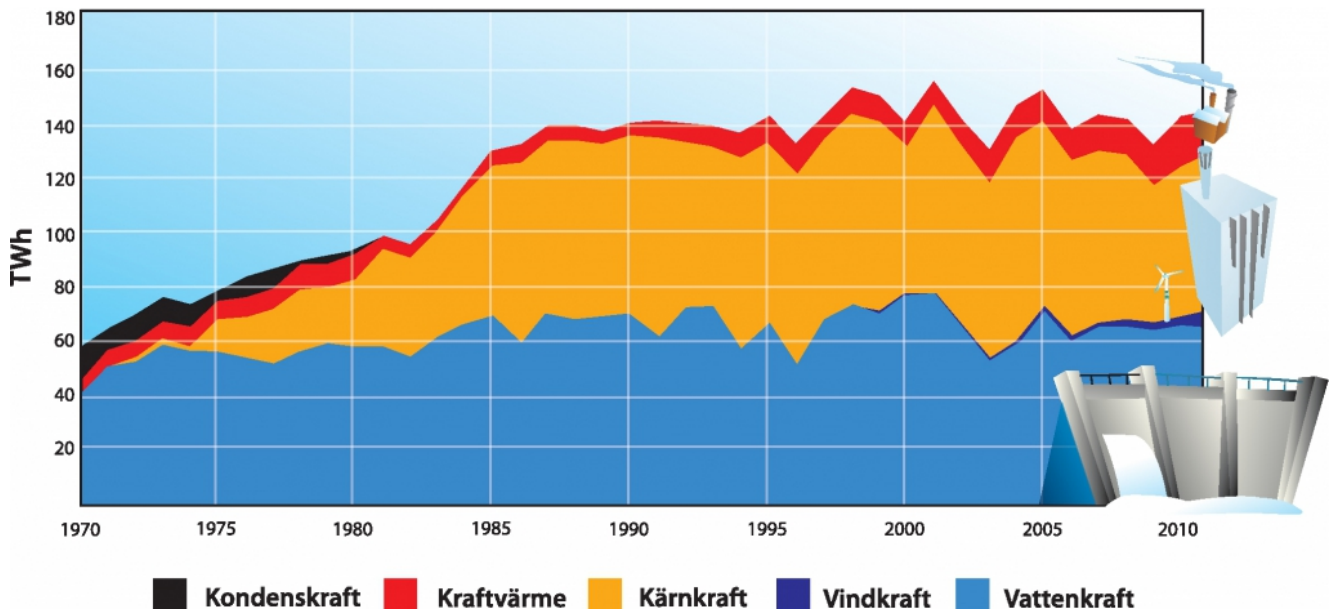


Bild 6. Här visas utvecklingen av elproduktionen i Sverige sedan 1970. Den svenska elproduktionsmixen redovisas årligen av Energimyndigheten i rapporten Energiläget [4]. Gasturbiner ingår också i systemet men syns inte i diagrammet.

Hantverket - att göra en LCA

För att kunna jämföra miljöpåverkan mellan olika sätt att leverera en viss nytta behövs en gemensam nämnare, eller funktionell enhet. Den kan vara att få torra händer efter handtvätt genom att använda en lufttork eller en pappershandduk. Om lufttorken används är det avgörande att se vilken el som används. För handduksfallet blir råvaruuttaget och papperstillverkningen viktiga, liksom hur man tar hand om de använda handdukarna. Det är nödvändigt att följa processen från vaggan till graven för de olika sätten att få torra händer. För el är den funktionella enheten 1 kWh vid lämplig leveranspunkt. Den service som elen ger är så diversifierad att en elleverantör rimligen inte kan veta hur den används.

Nästa viktiga val för att få en rätt visande studie är systemgränser. För att kunna jämföras måste dessa vara ekvivalenta för de olika sätten att leverera en nytta. Se bilderna 7-9 för exempel på systemgränser för några olika kraftslag. Systemgränserna för el ska bland annat inkludera:

- bränsleuttag och förädling

- materialframställning för byggande
- byggande och drift av kraftverk
- förbränning av bränslen
- transporter till och från olika ställen i hela kedjan
- distributions- och nätförluster
- avfallshantering
- rivning av kraftverk.

För somliga kraftslag är byggandet den största orsaken till miljöpåverkan medan det för andra är driften. För att kunna jämföra kraftslagen måste alla länkar i kedjan vara med. För vindkraft är själva byggandet av anläggningen den dominerande påverkansfaktorn. För ett kolkraftverk är driften dominerande om den studerade effekten är utsläpp av växthusgaser.

Antalet drifttimmar och livslängden för en anläggning är betydelsefulla för utfallet eftersom miljöpåverkan slås ut på antalet levererade kWh. En stor lokal påverkan, som exempelvis från en gruva, ska fördelas på antalet producerade kWh och kan då ha relativt liten betydelse per kWh.

Om flera produkter eller tjänster levereras från samma process är det viktigt hur dessa bär med sig miljöpåverkan. Denna fördelning, allokering, kan göras efter olika principer. Det går att allokera på ekonomiskt värde, på volym eller, för det fall som intresserar i denna rapport, mängd levererad el eller värme.

När man vill jämföra olika produkter är det viktigt att allokeringen görs på samma sätt. Låt oss betrakta ett kraftvärmeverk som levererar värme och el. Elen levereras i Sverige på en bred marknad med en nationell prissättning. Värmen levereras däremot på olika och lokala marknader. Att då använda ekonomisk allokering skulle kunna ge olika resultat för miljöpåverkan per producerad kWh el för tekniskt identiska anläggningar. Allokering per producerad kWh är då ett mer rättvisande sätt att få jämförbarhet.

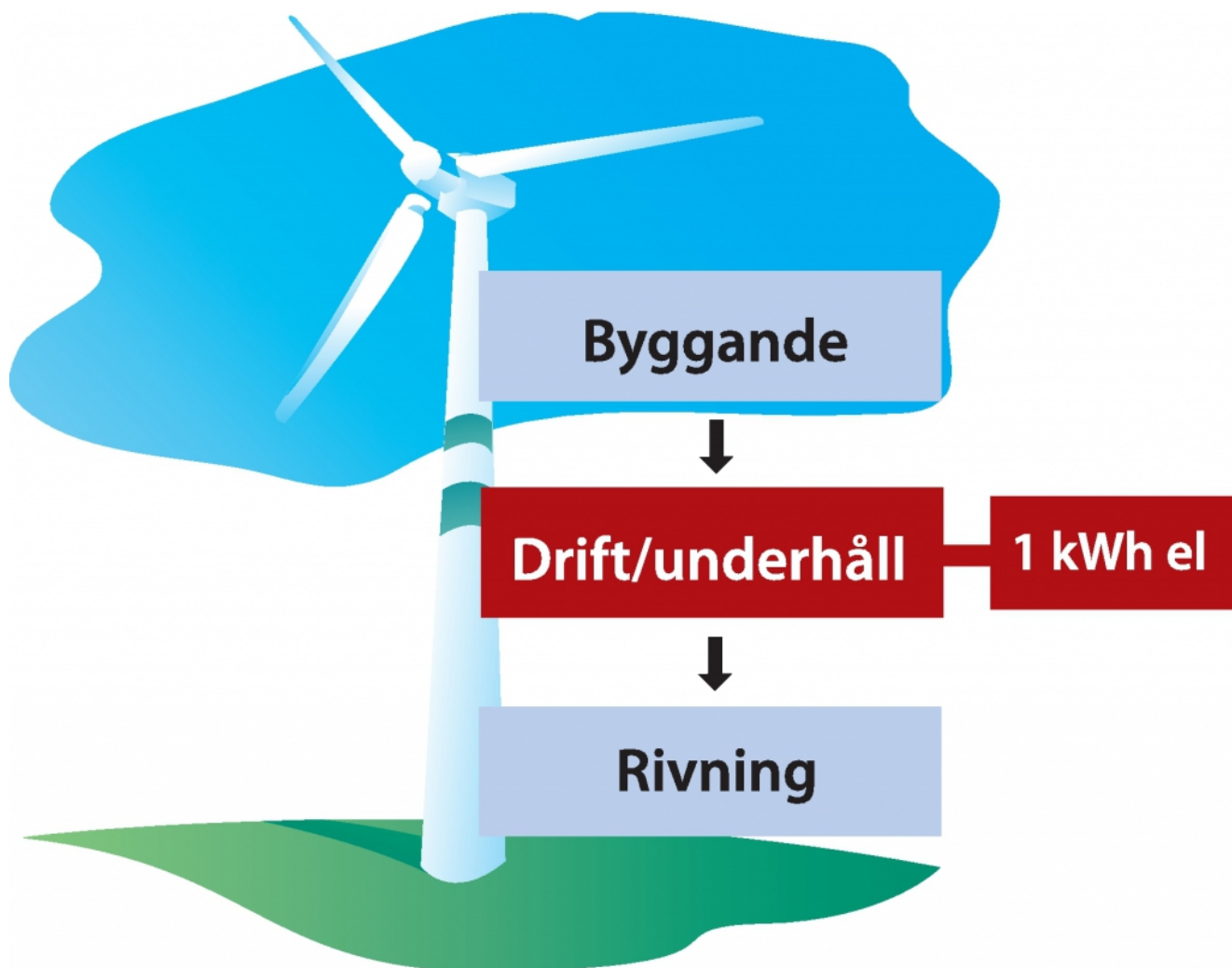


Bild 7. Förenklad bild av systemgränserna för el från vindkraftverk. Det speciella är att det inte finns något bränsleuttag eller bränsleavfall.

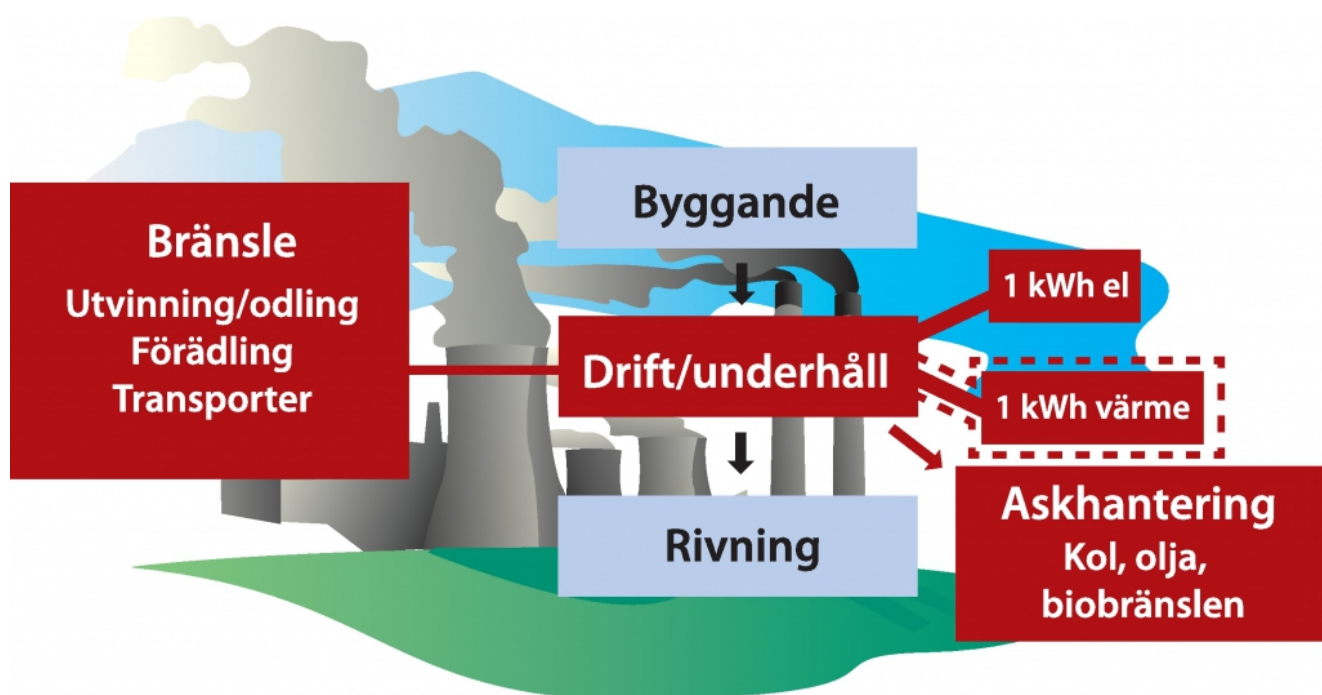


Bild 8. Förenklad bild av systemgränserna för kraftverk som levererar enbart el,

och kraftvärmeverk och industriella mottryckskraftverk som levererar både el och värme. I dessa anläggningar eldas fossila bränslen eller biobränslen och ibland blandbränslen. Askhanteringen varierar beroende på bränslen. Biobränsleaskor innehåller viktiga näringsämnen och återförs ofta till marken. Kolaskor måste deponeras för att hindra läckage av skadliga ämnen till naturen.

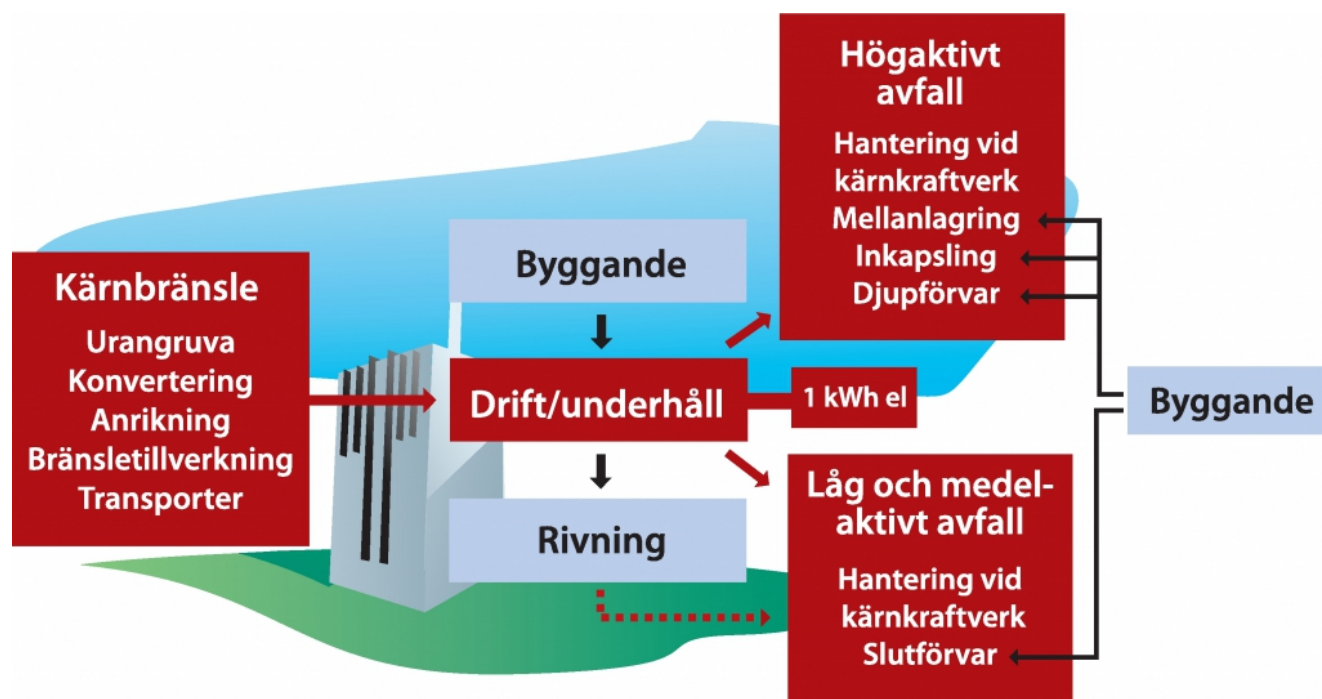


Bild 9. Förenklad bild av systemgränserna för el från kärnkraftverk. Avfallshanteringen är speciell och kräver specialbyggda anläggningar som måste inkluderas i analysen. Vid rivningen är det dessutom nödvändigt att hantera de material som är radioaktiva och lagra dem som medel- eller lågaktivt avfall. I bränslekedjan ingår ett stort antal specialtransporter.

Bokförings- och konsekvensstudier

Det finns två olika sätt att sätta systemgränser för LCA:

- bokförings-LCA
- konsekvensiell-LCA (systemexpansion).

I en bokförings-LCA beskrivs det som faktiskt händer, det som producenten av varan eller tjänsten har kontroll över och kan ta ansvar för. En sådan LCA kan granskas och korrektheten kan verifieras. Denna typ passar för företag som vill beskriva och marknadsföra produkter samt vid jämförelser av produkter med samma funktionella enhet. En bokförings-LCA är lämplig för de

miljödeklarationer och klimatdeklarationer som tredjepartsgranskas eftersom granskning kan ske av faktiska förhållanden men inte av spekulativa antaganden.

En konsekvensiell LCA kan inkludera även det som ligger utanför en producents direkta kontroll. Man väljer då att göra en så kallad systemexpansion. En kraftverksägare kan exempelvis ändra från bra till dålig olja i ett kraftvärmeverk som har bättre rening än den som används på fartyg. Kraftverksägaren kan då hävda att det finns mindre volym av dålig olja kvar på marknaden. Som konsekvens av bränslebytet vill han i sin analys tillgodoräkna sig att bra olja används för fartygsdrift. Kraftverksägaren kan dock inte veta om fartygsbranschen använder bra olja. Denna typ av LCA passar inför politiska beslut eller i akademiska studier av olika scenarier för att påvisa möjliga miljöförändringar.

Det går också att göra en överslagsberäkning, "back of the envelope", inför ett företagsinternt beslut. Då kan beräkningarna vara mycket översiktliga inom ett kritiskt delområde med stor miljöpåverkan för att ge underlag till hur förbättringar kan göras. Systemgränserna kan då väljas fritt.

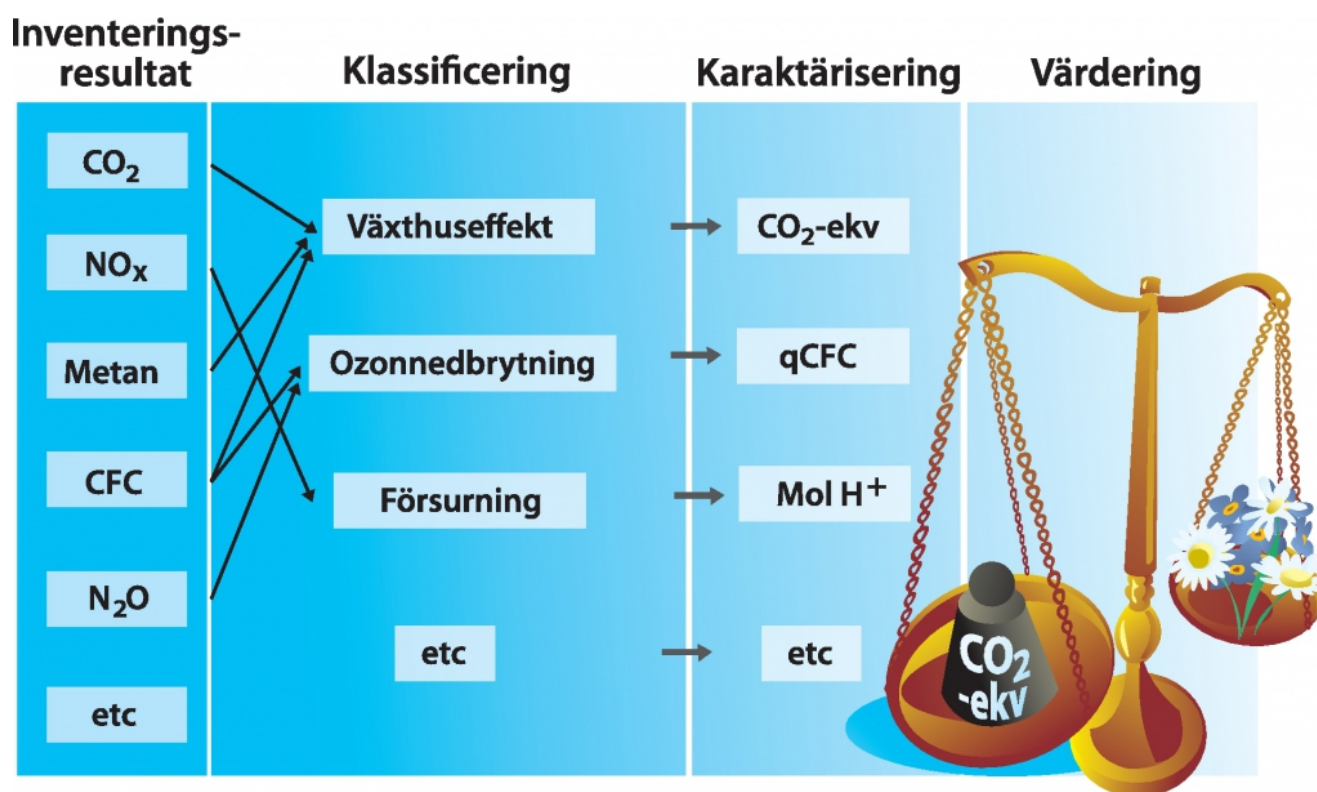


Bild 10. De olika stegen i en LCA är inventering, klassificering, karaktärisering och värdering. En del utsläpp räknas in i flera klassificeringar eftersom de

påverkar miljön på flera sätt. En LCA-rapport stannar ofta efter karaktärisering. Värderingen lämnas då till mottagaren eftersom olika miljöpåverkansfaktorer är svåra att jämföra objektivt. Användarens värdering kan då fälla utslag vid jämförelse och val av produkt.

Faserna i en LCA

En LCA/LCI har flera faser. Se bild 10. Först bestämmer man **mål och omfattning**. Här är systemgränser och funktionell enhet av central betydelse. Stor omsorg krävs för att få studier med jämförbara resultat.

En **inventering**, en informationsinsamling, är nästa steg och källorna för information är många. Datakällor kan vara:

- miljörapporter
- produktblad
- myndighetsrapportering
- tillståndshandlingar
- fakturor
- inköp
- databaser, egna och offentliga.

Det mesta av detta kan företaget ha eller begära att få ut från sina underleverantörer. De data som samlas in för en LCA ska vara specifika för de delar som organisationen har drift- eller produktionsansvar för eller inköpta varor och tjänster som de också har ekonomisk kontroll över.

Om företaget vill bevara tillverkningshemligheter finns det möjlighet att klumpa ihop, aggregera, data men för att få en certifierad miljödeklaration eller LCA måste grunddata visas för granskare, som då skriver på avtal om tystnadsplikt.

Generella data blir utvägen för att få data från verksamhet som tillverkaren inte har kontroll över. Granskade databaser har tillförlitlig information om källornas ursprung och hur data har samlats in och ställts samman, så kallade metadata.

Det finns olika dataverktyg för att lagra och bearbeta informationen och för att göra beräkningarna av miljöprofilen. Där samlar man informationen i s.k. enhetsprocesser som sedan läggs samman till ett "träd". Slutligen summeras

informationen och beräknas per den funktionella enheten.

Vid **klassificering** grupperas de olika parametrarna i påverkanskategorier som global uppvärmning, försurning, övergödning, ozonförtunning, marknära ozon, etc. Både koldioxid och metan är växthusgaser; kväveoxider har betydelse för både övergödning och försurning.

De olika ämnena har olika stor påverkan och det finns för somliga ämnen internationellt överenskomna omvandlingsfaktorer för att vikta samman dem. Detta kallas **karaktärisering**.

Det sista steget, värdering, görs sällan även om det finns en del metoder och en pågående utveckling. Värdering lämnas oftast till användaren av resultatet som kan ha en uppfattning om vilken påverkan som är viktigast att undvika eller minimera.

Avslutningsvis görs en **tolkning** med en sammanställning och diskussion av resultaten i en rapport.



Bild 11. Vid en driftstörning eller olycka sker utsläppen under en relativt kort tid, men halterna kan bli betydande. De sker ofta i marknivå och främst lokalt i omgivningen.

LCA hanterar normal drift

I en LCA tas ingen hänsyn till var i världen utsläppen sker. För växthusgaser är detta rimligt då dessa gaser påverkar den globala uppvärmningen.

Kväveoxider kan däremot ha betydande lokal och regional påverkan. I redovisningen av en LCA visas ofta diagram över var i livscykeln utsläppen sker, exempelvis under transporterna, driften eller byggandet. Detta kan vara till hjälp för att värdera regional påverkan. LCA omfattar det som sker i ostörd drift, det vill säga vardagsutsläpp, men tar inte med olyckshändelser eller utsläpp vid fel i processer. Katastrofer som stora dammbrott eller kärnkraftshaverier finns inte heller med i en livscykelanalys.

Biologisk mångfald berörs oftast inte i en LCA. Radioaktivitet hanteras inte heller fullständigt, då antalet sönderfall (becquerel) inte visar hela sanningen. Detta behöver belysas bättre genom att definiera olika typer av strålning (alfa, beta, gamma och neutroner) och dess effekter på människan. I vilken form de radioaktiva ämnena uppträder är också betydelsefullt; om de är fasta eller gasformiga påverkar hur de sprids till miljö och människor.

Miljöriskinventering hanterar störningar

För att på ett systematiskt sätt inventera miljörisker i händelse av störningar och olyckor vid produktionsanläggningar används så kallad miljöriskinventering. Den är ett komplement till livscykelanalyserna, som studerar vad som händer under normal verksamhet i anläggningarna. Under normal drift sker utsläppen kontinuerligt och kontrollerat, medan olyckor ofta orsakar ett större utsläpp under en kortare tid. Konsekvenserna av en olycka är ofta lokala och påverkar enbart den närmaste omgivningen.

Resultatet för miljöriskinventeringarna ingår som en del i miljövarudeklarationer, EPD[®]. Såväl sannolikheten för att en oönskad händelse inträffar som konsekvensen av händelsen vägs in vid miljöriskinventeringen. Risk definieras i dessa sammanhang som sannolikhet för en händelse multiplicerat med dess konsekvenser.

En inventering av möjliga händelser görs inom samma systemgränser som för en LCA och baseras på erfarenhet av verksamheten i fråga. Möjliga teoretiska olycksscenarier identifieras och sammanställs och sedan kontrolleras dessa mot verkligheten vid platsbesök. Erfarenheter från drifts- och underhållspersonal och andra berörda samlas in. Konsekvens- och sannolikhetsinformation samlas också in. En värdering görs av oberoende personer. Då det handlar om sannolikheter och händelser med osäkra förlopp är resultaten till sin natur osäkra, men det är

bättre än att inte närma sig frågorna över huvud taget. En något fyligare beskrivning av hur man gör kan läsas i Vattenfalls EPD[®] för vattenkraft i Norden, avsnittet om miljörisiker [5].

LCA utvecklas till EPD[®]

Miljödeklarationer enligt ISO 14025 kan bättre hantera några av bristerna hos traditionell LCA. När man gör en EPD[®] (Environmental Product Declaration) krävs specifika regler (Product Category Rules, PCR) för den produkt man vill deklarerar. En PCR kan tas fram av enskilda företag, dock helst av en bransch, i en process som är öppen för olika intressenter. Den produktspecifika regelsamlingen granskas och godkänns av en programansvarig organisation, som kontrollerar att PCR:en följer de i ISO 14025 ställda kraven. Detta ger objektivitet, trovärdighet, neutralitet och jämförbarhet. En PCR beskriver funktionella enheter, systemgränser, allokering och datakvalitetskrav för den LCA som ska ingå i en EPD[®].

Det ställs dessutom krav på och ges rekommendationer för övrig relevant information:

- radiologi
- risker (radiologi, toxicitet, miljö)
- störningars miljöpåverkan (som inte ingår i LCA)
- beskrivning av olyckor med låg sannolikhet men med stora konsekvenser
- elektromagnetiska fält
- buller
- markanvändning
- påverkan på biologisk mångfald
- förurning av mark där skogsrester tas tillvara
- påverkan på förutsättningar för ursprungsbefolkningar genom landanvändning
- estetiska värden
- mått och steg för att hindra spridning av kärnvapen.

En LCA räcker inte för att analysera elproduktion från vattenkraft och kärnkraft då några av de betydande miljöfrågorna inte kommer med. Exempelvis påverkar vattenkraften landskapet och biologiskt liv. I samband med kärnkraftens

påverkan behöver radiologi beskrivas. I båda fallen finns det risker. Även kol och olja kan kopplas till olyckor med stora konsekvenser. Att göra EPD[®] :er blir det självklara steget.

En EPD[®] granskas av ackrediterade organisationer och personer. Webbplatsen för EPD[®] har listor på dessa [\[3\]](#). I Sverige är följande företag verksamma:

- Bureau Veritas Certification
- DNV Certification AB.

EPD[®] är ett internationellt system som initierades i Sverige och som används främst inom Europa. Det finns flera program som har system för miljö deklARATIONER enligt ISO 14025. Programoperatörerna ingår i nätverket GEDnet, som bildats för att samverka och som arbetar för harmonisering samtidigt som det finns en lyhördhet inför olikheterna mellan såväl marknader som regioner.

Standardisera miljöarbetet

Inom ISO finns det många standarder som är relevanta för miljöarbete. Några är extra intressanta i detta sammanhang:

- Livscykelanalyser enligt ISO 14040 och 14044 ställer upp grundläggande principer och krav.
- Märkning Typ I enligt ISO 14024 är öppen för de produkter som märkningsprogrammet bestämmer och med tillhörande kriterier. Exempel är EU-blomman, Svanen och Bra miljöval.
- SjälvdeklARATIONER Typ II enligt ISO 14021 kan göras av företag som gjort miljörapport om t.ex. energi effektivitet eller vattenförbrukning. Företagen väljer själva produkter.
- MiljödeklARATION Typ III enligt 14025 kräver LCA enligt ISO 14040 och annan relevant miljöinformation. Är öppen för alla varor och tjänster.
- Klimatpåverkan från produkter ISO/TS 14067 hanterar beräkningar av växthusgaspåverkan från alla varor och tjänster och hur detta ska kommuniceras, som i en rapport, en deklARATION eller en märkning.

Det pågår utveckling inom standardiseringen för att formulera tydliga hållbarhetskriterier för olika varor och tjänster. Ett sätt att hantera till exempel sociala frågor är rättvisemärkning.

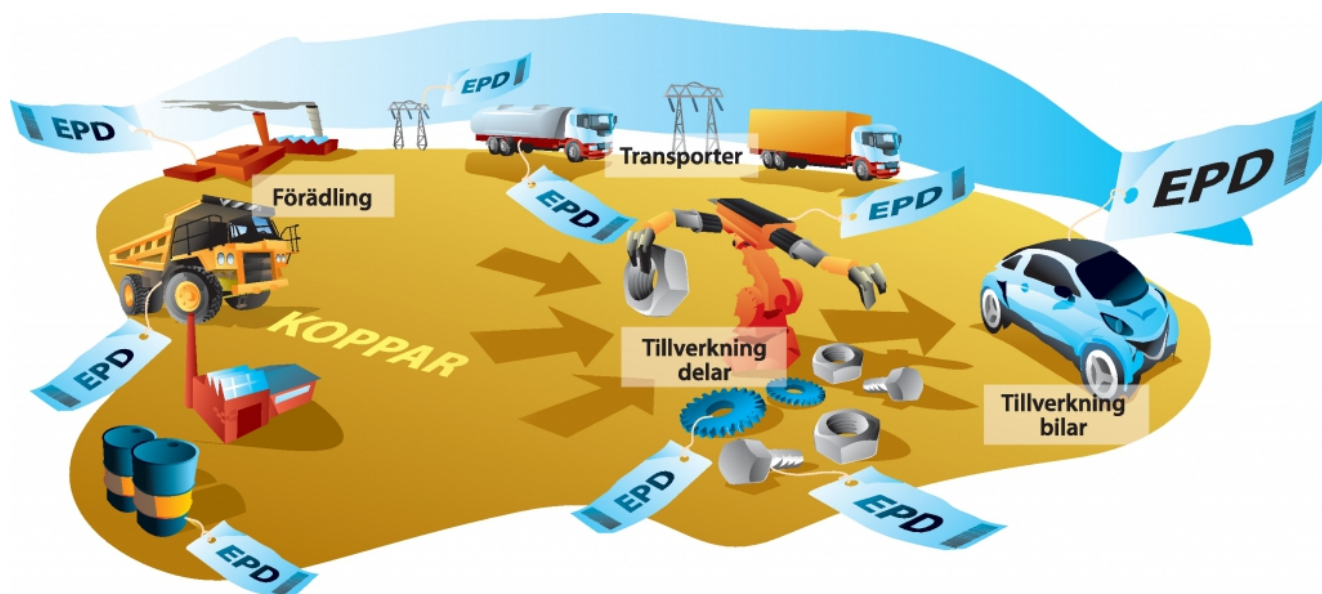


Bild 12. Det är enkelt att göra en miljövarudeklaration för varor och tjänster om det finns certifierade deklARATIONER.

Sammanfattning - förbättra besluten

Jämförbara LCA:er bidrar till en större medvetenhet och en mer relevant miljödebatt. Detta främjar bra beslut och en bättre framtid för oss och vår miljö. MiljövarudeklARATIONER, EPD:er, som har sin bas i LCA men också har annan information, ger en ännu bredare och mer fördjupad information till nytta vid ställningstaganden och beslut av medvetna politiker, myndigheter, läroanstalter och allmänt intresserade. EPD[®]:er är tredjepartsgranskade, har vetenskaplig grund och är jämförbara.

MiljödeklARATIONER som är certifierade, granskade av ackrediterade granskare, kan bevisa för kunder och andra intressenter att företaget håller ordning på sin miljöpåverkan i syfte att kontinuerligt förbättra sitt miljöarbete och sin miljöprofil. Detta kan påverka kundernas val av leverantör. Genom att deklARATIONERNA använder samma funktionella enhet, exempelvis 1 kWh, kan miljöpåverkan för produkter inom samma kategori jämföras.

Företag kan dra nytta av miljödeklARATIONER genom att hämta verifierade data för den inköpta varan/råvaran och använda dessa specifika data i sin egen deklARATION. Se bild 12. Om det finns flera tekniskt likvärdiga och miljödeklarerade produkter att välja på kan visade miljöprestanda fälla

avgörandet vid beslut om val av leverantör.

Klimatdeklarationen ger en sammanfattande information till konsumenter som väljer varor och tjänster med minst utsläpp av växthusgaser, för jämförbarhetens skull räknat i CO₂-ekvivalenter. Klimatdeklarationer kan även vara intressanta beslutsunderlag för många verksamheter med ambitioner att minska sin klimatpåverkan.

Författare: Birgit Bodlund

Illustratör: Lasse Widlund

Om författaren: Fil. dr. Birgit Bodlund har arbetat med miljö och energisystem och varit adjungerad professor vid Lunds universitet. Som Senior Advisor på Vattenfall har hon lett arbetet med att införa livscykelanalyser och miljödeklarationer. Hon driver numera konsultfirman Bodlund Consult.

Referenser

1. Naturvårdsverket. Utsläpp av växthusgaser från svensk konsumtion.
<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/Konsumtion-och-utslapp-av-vaxthusgaser/>
2. Vattenfall. Livscykelanalys - Vattenfalls elproduktion i Norden.
<http://corporate.vattenfall.com/Global/corporate/sustainability/doc/livscykelanalys.pdf>
<http://corporate.vattenfall.com/sustainability/resources-and-reporting/report-archive/>
3. Environdec.
<http://www.environdec.com/>
4. Energimyndigheten. Energiläget.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Overgripande-rapporter/>
5. Environdec. 2011. EPD[®] of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower
http://gryphon.environdec.com/data/files/6/7470/epd88_v2011.pdf

Annan litteratur

Carl Johan Rydh, Mattias Lindahl och Johan Tingström. 2002. Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster. Studentlitteratur, Lund.

Henrikke Baumann and Anne-Marie Tillman. 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application. Studentlitteratur, Lund.

Raul Carlsson och Ann-Christine Pålsson. 2008. Livscykelanalys (LCA) ringar på vattnet. SIS Förlag.

Birgit Bodlund, Lars-Gunnar Lindfors och Lars Jonsson. 2009. Miljödeklarationer för trovärdigt miljöarbete. SIS förlag.

Några användbara webbplatser

Information om LCI och LCA för elproduktion i olika länder

<http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/publicLCI/itten-2012-electricity-mix.pdf>

Ecoinvent:s omfattande databas med LCI-dataset

<http://www.ecoinvent.org/database/>

Beräkningsverktyget Gabi Software för LCA-beräkningar

<http://www.gabi-software.com/nw-eu-english/index/>

Beräkningsverktyget Simapro för LCA-beräkningar

<http://www.simapro.co.uk/>

Vattenfalls resultat från LCA och EPD®

- Huvudsidan:

<http://corporate.vattenfall.com/sustainability/resources-and-reporting/report-archive/>

- Den senaste rapporten:
<http://corporate.vattenfall.com/Global/corporate/sustainability/doc/livscykelanalys.pdf>

Det internationella EPD®-systemets webbplats - Environdec

- Huvudsidan: <http://www.environdec.com/>
 - Information om klimatdeklarationer: <http://www.environdec.com/sv/What-is-an-EPD/Types-of-EPD/klimatdeklarationer/>
 - Sökmotor för EPD®:er: <http://www.environdec.com/sv/EPD-Search/>
-

Livscykelanalys elproduktion Vattenfall

bakgrund-2014-1-fig10-vagskal- livscykelanalys-olika-faser

bakgrund-2007-2-fig6-co2-utslapp- livscykelanalys

Nr 1. Analysera för att agera - Livscykelanalyser och miljövarudeklarationer (pdf 4,8 MB)

SENASTE PUBLIKATIONER

Här finns alla Analysgruppens relevanta publikationer. Äldre texter finns kvar under fliken [TEXTARKIV](#).

2023

- [Tyskland utan kärnkraft - ett bokslut ur klimat- och hälsoperspektiv \(pdf 780 kB\)](#)

Den 15:e april 2023 stängde Tyskland ned de tre sista av landets kärnkraftverk och avslutade därmed en drygt 60 år lång kärnkraftsepok. Här ges några resonemang om vad det tyska kärnkraftsprogrammet har bidragit med till Tysklands elproduktion, samt vilken påverkan det haft ur klimat- och hälsosynpunkt. [Läs rapporten i textformat.](#)

2021

- [Regelverk för små reaktorer \(pdf 0,9 MB\)](#)

Den senaste tiden har en lång rad små reaktorer utvecklats som ofta inte alls liknar de reaktorer vi är vana vid. De svenska regelverken är utvecklade för de reaktorer vi har i dag och behöver anpassas för att vi ska kunna dra nytta av den nya tekniken, där reaktorer kan se väldigt olika ut. Den här skriften beskriver hur regelverket för reaktorsäkerhet är uppbyggt och diskuterar hur

det skulle behöva anpassas för att också kunna hantera små reaktorer.

[Läs rapporten i textformat.](#)

- **[Det ökande neutronflödet i Tjernobyl \(pdf 1,3 MB\)](#)**

Det har rapporterats om ett ökande neutronflöde vid den havererade reaktorn i Tjernobyl. Här summeras situationen vid reaktorn idag och en tänkbar förklaring till händelseförloppet presenteras. [Läs rapporten i textformat.](#)

- **[IAEA:s lärdomar efter Fukushima Daiichi \(pdf 250 kB\)](#)**

IAEA:s stora rapport från 2015 om händelseförloppet vid kärnkraftverket Fukushima Daiichi är ett omfattande material på drygt 1200 sidor. Här summeras rapporten genom de 45 observationer och lärdomar som dras. Texten avslutas med några kommentarer om lärdomarna från europeiskt och svenskt perspektiv. [Läs rapporten i textformat.](#)

2020

- **[Slutförvar behövs i alla scenarier \(pdf 390 kB\)](#)**

Använt kärnbränsle kan återvinnas men Sverige har valt att inte göra det. I den här rapporten diskuteras varför ett slutförvar kommer behövas oavsett val av framtida strategi. [Läs rapporten i textformat.](#)

2018

- **[Använt kärnbränsle - resurs eller avfall? \(pdf 80 kB\)](#)**

Den här rapporten förklarar behovet av ett förvar för använt kärnbränsle även om Sverige bygger fjärde generationens kärnkraft där stora delar av bränslet återanvänds. [Läs rapporten i textformat.](#)

- **[Livscykelanalyser om kärnkraftens klimatpåverkan \(pdf 145 kB\)](#)**

I energi- och miljödebatten används ibland resultaten från livscykelanalyser av olika intressenter för att hävda för- eller nackdelar vid jämförelser mellan olika kraftslag. Det är vanligtvis främst klimatpåverkan som avses. I denna rapport ges kommentarer på några LCA:er som brukar användas i argumentation för eller emot kärnkraft.

- **[Kärnkraft och värmeböljor \(pdf 491 kB\)](#)**

Den här texten handlar om den avsiktliga minskning av reaktorns effekt som görs när det är blir riktigt varmt i havet. Det skulle gå att bygga om reaktorerna så att de kan drivas vid full effekt även vid höga vattentemperaturer. Temperaturbegränsningarna som finns är resultatet av en ekonomisk optimering där risken för att förlora elproduktion varma somrar har vägts mot de ökade kostnaderna för att konstruera kraftverket för högre havsvattentemperaturer. [Läs rapporten i textformat.](#)

2017

- [Swedwatch manipulerar klimatdata \(pdf 270 kB\)](#)

Här kommenteras en rapport från Swedwatch som granskar tio svenska fondbolags investeringar ur klimatsynpunkt. Rapporten påvisar att fondbolagen inte håller en önskvärd takt för att världen ska klara målet om högst två graders global uppvärmning, och är ett angeläget inlägg i diskussionen om lämpliga åtgärder. Men i bedömningen har Swedwatch vänt på logiken och betraktar stora investeringar i de klimatsnåla alternativen kärnkraft och vattenkraft som ett problem ur klimatsynpunkt. I resultaten ges en missvisande bild som inte har med klimatfrågan att göra. Här redogörs för innehållet i rapporten, följt av kommentarer. [Läs rapporten i textformat.](#)

2016

- [Myndighetskontroll av kärnkraftverk \(pdf 75 kB\)](#)

Ett kärnkraftverk är föremål för samma slags kontroll som alla andra producenter av elkraft eller andra industrier, men har också vissa typer av kontroll som är unik. Denna rapport beskriver de typer av kontroll som är unika för kärnkraftverk. [Läs rapporten i textformat.](#)

- [Sammanfattning av Climate Gamble \(pdf 91 kB\)](#)

Boken *Climate Gamble – Is Anti-Nuclear Activism Endangering Our Future?*, av Rauli Partanen och Janne M. Korhonen, ger en mängd viktig information för allmänheten och de beslutsfattare som engagerar sig i klimatfrågan. Detta dokument är en lathund på svenska med sidhänvisningar och sammanfattande punkter av bokens innehåll. [Läs rapporten i textformat.](#)

- [Klimatkalkyl för fyra stängda reaktorer \(pdf 80 kB\)](#)

Beskeden från Vattenfall och Eon om förtida stängning av totalt fyra reaktorer vid Ringhals och Oskarshamns kärnkraftverk leder till en ökad fossil elproduktion i våra grannländer, främst Danmark och Tyskland och Baltikum. Här ges uträkningar av klimatpåverkan under några enkla antaganden, och resultaten jämförs med andra utsläppssiffror. [Läs rapporten i textformat.](#)

- [Vad menas med gamla reaktorer? \(pdf 0,7 MB\)](#)

I kärnkraftsdebatten påstås ibland att landets kärnkraft är gammal och föråldrad. Här redovisas de svenska och finska reaktorernas ålder, vilka större åtgärder som vidtagits sedan driftstarten och deras tekniska status i april 2016. Sedan diskuteras kostnaderna för olika investeringar följt av en lista med beskrivningar av reaktorernas olika komponenter. [Läs rapporten i textformat.](#)

- [Inofficiell engelsk översättning av Energiöverenskommelsen 10 juni 2016 \(pdf 90 kB\)](#)

Överenskommelsen mellan fem partier finns tillgänglig på svenska på Regeringens hemsida ([här](#)). Sveriges Kärntekniska Sällskap (SKS) och Analysgruppen har skrivit en inofficiell översättning till engelska. [Läs översättningen i textformat.](#)

- [Kostnaden för nya reaktorer \(pdf 0,3 MB\)](#)

Denna rapport behandlar frågan om det idag är möjligt att bygga en ny kärnreaktor i Sverige för ungefär samma pris (47 miljarder kronor), och på samma byggtid (5 år), som Oskarshamn 3. De faktorer som spelar in, deras utmaningar och vad som kan göras för att underlätta för framgångsrika byggprojekt, diskuteras. [Läs rapporten i textformat.](#)

- [**Comments on "Before the Flood" \(pdf 0,3 MB\)**](#)

Denna rapport kommenterar vissa påståenden i filmen "Before the Flood" och bemöter och korrigerar en rad påståenden om kärnkraft på filmens hemsida. [Läs rapporten i textformat.](#)

2015

- [**Om kärnkraftsartiklarna i Svenska Dagbladet 2015-12-05**](#)

Här ges kommentarer och rättelser på artiklarna om kärnkraft och Fukushima som Svenska Dagbladet publicerade lördag 5 december 2015. [Läs rapporten i textformat.](#)

2014

- [**Kärnkraftsopinionen över tid - Analysgruppen vs SOM, olika sätt att tolka samma resultat \(pdf 0.16 MB\)**](#)

Sveriges Radios något missvisande sätt att rapportera resultaten från SOMs undersökning om kärnkraftsopinionen förklaras och nyanseras, samt jämförs med Analysgruppens undersökning.

- [**Bakgrund Nr 1-2014: Analysera för att agera - Livscykelanalyser och miljövarudeklarationer \(pdf 4,8 MB\)**](#)

Den här skriften vill ge insyn i hur man på ett standardiserat sätt kan samla in och kommunicera data om miljöpåverkan från varor och tjänster: livscykelanalyser (LCA), miljödeklarationer (EPD), klimatdeklarationer och klimatpåverkan från produkter, så kallade carbon foot prints. Skriften vill också ge en insikt i hur resultaten av studier kan tolkas så att läsaren kan se både möjligheter och svagheter i metoderna. [Läs hela texten om livscykelanalyser och miljövarudeklarationer.](#)

- [**Faktablad 52: FN-rapport om Fukushima: Inga mätbara hälsoeffekter av strålning bland allmänheten \(pdf 0,17 MB\)**](#)

Svensk sammanfattning av UNSCEAR:s bedömning av hälsoeffekterna efter kärnkraftolyckan i Fukushima. [Läs hela texten om UNSCEAR-rapporten.](#)

2013

- [**Faktablad 51: Kärnkraftverkens skydd mot antagonistiska hot - Fysiskt skydd \(pdf 0,54 MB\)**](#)

Det område som ett kärnkraftverk ligger på delas in i tre olika zoner med stegrande grad av bevakningskrav; ett ordinärt industriområde, ett bevakat område och ett skyddat område. Här beskrivs regelverket och de definitioner som är relevanta i sammanhanget. [Läs hela texten om fysiskt skydd.](#)

2012

- [**Faktablad 50: Stresstester och konsekvenslindrande system - kommentarer till EU-kommissionens rapport** \(pdf 0,42 MB\)](#)

EU-kommissionens slutsatser och kommentarer från de stresstester som genomfördes inom EU:s kärnkraftsländer redovisades i en rapport 2012. För svensk kärnkraft nämns som styrkor haverifiltren som är viktiga system för att undvika svåra konsekvenser av en reaktorolycka, passiva autokatalytiska rekombinatorer för hantering av vätgas i tryckvattenreaktorerna, samt haverihanteringen med att vattenfylla utrymmet under reaktortanken i samband med svåra olyckor för kokvattenreaktorer. Till kritiken nämns det snabba haveriförloppet för en del svenska reaktorer i samband med scenariot "totalt elbortfall". I den här skriften förtydligas vad kritiken består i samt hur den ska förstås.

2011

- [**Faktablad 49: Hur stänger man av en reaktor?** \(pdf 4,3 MB\)](#)

Hur stänger man av en reaktor? Varför kan det vara problem vid ett kärnkraftverk i många veckor efter att det har skett en incident eller olycka? Det första som händer när det sker en incident är att reaktorn snabbstoppas vilket avbryter de energialstrande kedjereaktionerna i bränslet. Detta sker inom några sekunder. Efter att kärnklyvningarna i reaktorn har upphört kommer dock bränslet att fortsätta alstra värme under lång tid. Detta fenomen kallas för resteffekt och är unikt för kärnkraften. Värmen kommer från radioaktiva sönderfall i bränslet som är omöjliga att stoppa. Problemet är välkänt inom kärnkraftsbranschen och en stor del av säkerhetsarbetet kring kärnkraften handlar just om hur resteffekten ska kylas bort. I denna skrift förklaras problematiken och hur den hanteras.

- [**Faktablad 48: Kortfattad engelsk-svensk kärnenergiordlista** \(pdf 0,1 MB\)](#)

Här ges översättning och förklaring av en del ord som förekommer i samband med kärnenergi. [Läs hela texten om kärnenergiordlistan.](#)

2009

- [**Bakgrund Nr 2-2009: Kärnkraftens bränslecykler** \(pdf 2,9 MB\)](#)

I denna skrift beskrivs några av de kärnbränslecykler som utnyttjas idag samt möjliga framtida reaktor- och upparbetningskoncept, samt hur uran och plutonium kan utnyttjas för energiproduktion.

- [**Bakgrund Nr 1-2009: Uran** \(pdf 4,1 MB\)](#)

Uran är ett grundämne vars viktigaste användning är som bränsle i kärnreaktorer. Uran är vanligt förekommande och finns nästan överallt i jordskorpan, i jordens inre och i världshaven. De flesta berg- och jordlager innehåller uran dock oftast i låga koncentrationer. De största uranfyndigheterna i världen finns i Australien, Kazakstan, USA, Kanada och Sydafrika. I den här bakgrundsrapporten beskrivs uranets egenskaper, uranbrytning, urananrikning och kärnbränsletillverkning. Miljökonsekvenserna i de olika industriprocesserna diskuteras liksom de

2008

- **[Bakgrund Nr 2-2008: Torium - En möjlig råvara för framtida kärnbränsle \(pdf 1,0 MB\)](#)**

Idag är uran det bränsle som används i kärnkraftverk. Ett alternativ till uran är att istället använda torium. Det har funnits kärnreaktorer som konstruerats särskilt för toriumbränsle men i dag används torium endast i mycket begränsad omfattning. I denna skrift förklaras möjligheterna att använda torim som kärnbränsle samt dess för- och nackdelar jämfört med uran. [Läs hela texten om torium.](#)

- **[Bakgrund Nr 1-2008: Joniserande strålning \(pdf 1,2 MB\)](#)**

Joniserande strålning är inget nytt fenomen som uteslutande är förknippat med mänsklig verksamhet. Joniserande strålning har funnits alltifrån världsalltets tillkomst och det finns fortfarande mängder av naturligt radioaktiva atomkärnor omkring oss som fortsätter att sända ut strålning. De senaste hundra åren har vi utvecklat teknik som kan ge oss stråldoser utöver de naturliga, och många människor känner oro för strålning. Denna bakgrund riktar sig till vårdpersonal, kärnkraftanställda, radonsanerare och andra yrkesgrupper som har behov av stöd då det gäller att ge allmänheten information. Den kan också vara av värde vid naturvetenskapliga gymnasie- och universitetsutbildningar.

2006

- **[Bakgrund Nr 5-2006: Forsmarksincidenten den 25 juli 2006 \(pdf 0,15 MB\)](#)**

Tisdagen den 25 juli 2006 kl 13.20 inträffade en störning på Forsmark 1 som då var i drift vid full effekt, 990 MW. Störningen hade sitt ursprung i en kortslutning i 400 kV ställverket utanför Forsmarksanläggningen. Följden blev kraftiga spänningsvariationer som på ett komplicerat sätt fortplantade sig in i flera av elsystemen inne i anläggningen. Denna bakgrund beskriver händelseförloppet och vilka lärdomar man dragit från händelsen.

- **[Bakgrund Nr 3-2006: Chernobyl's legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impact - Den verkliga omfattningen av olyckan \(pdf 0,06 MB\)](#)**

Översättning av ett pressmeddelande från IAEA utgivet den 5 september 2005 i samband med en konferens om konsekvenserna av Tjernobylnkatastrofen. Konferensen anordnades av Chernobyl Forum, som består av en rad FN-organ, Världsbanken samt regeringarna i Ryssland, Ukraina och Vitryssland, och bygger i sin tur på en rad expertrapporter. Denna text består av tre delar: en sammanfattning av läget, rekommendationer från Chernobyl Forum om det fortsatta arbetet och svar på ett antal ofta återkommande frågor.

- **[Bakgrund Nr 2-2006: Kärnsäkerhetskonventionen \(pdf 0,91 MB\)](#)**

Kärnsäkerhetskonventionen utgör en viktig komponent i den förstärkning och utvidgning av det internationella kärnsäkerhetssamarbetet som kommit till stånd efter olyckan i Tjernobyln 1986. Efter den blev samarbetet världsomspännande på ett nytt sätt, bland annat genom att WANO bildades för kvalitets- och säkerhetssamarbete mellan världens kärnkraftföretag och att IAEA:s säkerhetsarbete byggdes ut. Dessutom tillkom olika granskningstjänster som medlemsländerna kunde utnyttja. I perspektivet av detta utbyggda internationella samarbete fungerar

kärnsäkerhetskonventionen som ett unikt och juridiskt bindande ramverk för global överblick och ömsesidig granskning av säkerhetsarbetet i alla länder med civila kärnkraftverk. Därmed har den verkat pådrivande i säkerhetsarbetet och bidragit till att säkerheten förbättrats påtagligt i många av världens kärnkraftreaktorer. I denna text beskrivs varför konventionen kom till, vad den innebär, och vilka erfarenheter som vunnits under de tre granskningskonferenser som hittills hållits sedan 1999.

- [Polonium - radiotoxicitet och andra egenskaper](#)

En sammanställning av Björn Cedervall om det radioaktiva ämnet polonium.

2004

- [Joniserande strålning \(pdf 0,81 MB\)](#)

Informationsblad om joniserande strålning från KSU i Studsvik. Läses med fördel som komplement till Analysgruppens skrifter om Joniserande strålning, främst Bakgrund nr 1, 2008.

2003

- [Så fungerar en kokvattenreaktor \(pdf 1,1 MB\)](#)

Informationsblad om BWR från KSU i Studsvik.

- [Så fungerar en tryckvattenreaktor \(pdf 0,94 MB\)](#)

Informationsblad om PWR från KSU i Studsvik.

- [Kärnspöken - Om energi, rädsla och myter \(0,26 MB\)](#)

Oro, befogad eller ej, har gett upphov till många myter om strålningen och dess verkningar. Om denna oro har Håkan Hagwall skrivit en initierad skildring.

Är kärnkraften koldioxidfri, koldioxidsnål eller klimatbov?

I valrörelsens slutspurt kommer kärnkraften igen i debatten. Högst oväntat enligt många bedömare, helt logiskt enligt andra. Argumenten innehåller vitt skilda påståenden om vad som är sant eller falskt. Till detta väcks flera praktiska frågeställningar kring reaktorstängningar, hur utspelen påverkar den blocköverskridande energioverenskommelsen från

2016, och så vidare.

I ljuset av klimatfrågan blir även kärnkraftens roll att bidra till att minska utsläppen ifrågasatt och flera felaktiga gamla argument mot kärnkraften har återkommit. Därför ges här några rubriker med korta förklaringar, följt av länkar till relaterade faktatexter, bilder och uttalanden.

Kärnkraften har låga koldioxidutsläpp

Ja så är det, de livscykelanalyser som på ett systematiskt sätt följer upp klimatpåverkan i alla steg från vaggan till graven, inklusive slutförvar, påvisar låga utsläpp för kärnkraft. Resultaten kan variera något beroende på diverse faktorer. Uranbrytning och bränsletillverkning brukar ge det största bidraget, men på det stora hela har kärnkraft ungefär lika låg klimatpåverkan som vindkraft och nordeuropeisk vattenkraft. Påståenden om stor klimatpåverkan från kärnkraften baseras i allmänhet på studier som har metodfel eller problematiska antaganden. I en ny rapport görs en genomgång av några livscykelanalyser som brukar nämnas i debatten.

Läs mer:

Analysgruppens nya rapport "[Livscykelanalyser om kärnkraftens klimatpåverkan](#)" (pdf).

Inga kraftslag är koldioxidfria eller klimatrena

Alla kraftslag har någon form av klimatpåverkan i ett eller flera steg av sin livscykel, det gäller även förnybara kraftslag som sol, vind och vattenkraft. Sverige har en mycket gynnsamt situation ur klimatsynpunkt med vattenkraft, kärnkraft och vindkraft som alla tre ger låga utsläpp. Solceller ligger något högre, beroende på produktionsmetod och den elmix som ingår i produktionen. De blir bättre med tiden men idag innebär faktiskt varje kilowattimme el från solceller som byter ut något av de andra kraftslagen en liten höjning av klimatpåverkan. Men långt högre än kärnkraft, sol, vind och vatten återfinner vi de fossila kraftslagen, kol, gas och olja. De är i särklass genom sina enorma utsläpp. Det är dem vi måste få bort, snabbt. För att klara detta, både nationellt och globalt, behöver vi vårda den vattenkraft och kärnkraft vi har samtidigt som vi främjar sol, vind och andra lösningar.

Läs mer:

- Analysgruppens Bakgrund "[Analysera för att agera](#)" om livscykelanalyser och miljövarudeklarationer.

- [Bild på klimatpåverkan från olika kraftslag enligt IPCC/NRELS analys.](#)
- Se även bilden högst upp i detta inlägg som visar klimatpåverkan från Vattenfalls olika kraftslag enligt deras ISO-certifierade livscykelanalys.

Reaktorägarna siktar på flera decenniers drift av sex reaktorer

Reaktorerna är nu samtliga drygt 30 år gamla. Alla har genomgått omfattande uppgraderingar och komponentutbyten, en sorts halvtidsrenoveringar. Reaktorerna byggdes för 40 års drifttid. Det innebär att alla beräkningar var baserade på 40 års drift. Strukturer, system och komponenter utformades så att de med marginal skulle klara 40 år. Men erfarenheten visar att de marginaler som lades in var tillräckliga för att medge drift långt mer än 40 år. I Sverige är därför siktet för närvarande inställt på bortåt 60 års drift. Det kräver en del åtgärder och drifttidsplaneringen är baserad på en ekonomisk optimering där behoven att göra investeringar har vägts mot värdet av reaktorernas elproduktion. I USA finns redan ansökningar om att driva befintliga reaktorer i 80 år. Huruvida en sådan omprövning blir aktuell för de svenska reaktorerna återstår att se. Det är långt kvar till reaktorernas 60-årsdagar och de kommer att ge oss klimatsmart el under många år än.

Läs mer:

Analysgruppens rapport "[Vad menas med gamla reaktorer](#)".

Energiöverenskommelsen hindrar inte långsiktig drift av kärnkraften

Energiöverenskommelsen från 2016 har ett mål om hundra procent förnybart elsystem efter 2040, men den tillåter att vi har tio reaktorer i drift och förbjuder dessutom politiken att intervensera i syfte att stänga reaktorer. I dagsläget är det inte intressant att bygga kärnkraft i Sverige, för att göra det intressant skulle det krävas något högre elpriser. Men dagens kärnkraft är central för att uppfylla den svenska energipolitikens tre grundpelare ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Läs mer:

[Energiöverenskommelsen från 2016 på regeringens hemsida.](#)

Vi behöver ställa om energisystemet, inte elsystemet

Ur klimatsynpunkt är det svårt att se något sätt att väsentligen förbättra det elsystem Sverige har idag då utsläppen av koldioxid är nära noll. Detta tack vare kombinationen vattenkraft, kärnkraft och vindkraft som kan balansera varandra med låg klimatpåverkan. Men för att klara klimatmålen behöver samhället ställa om från fossilanvändning inom transporter, jordbruk och industri. Vissa sektorer

kan elektrifieras, andra behöver nya lösningar. En sak är klar, elanvändningen kommer att behöva öka, inte minska.

Läs mer:

IVA:s rapport "[Scenarier för den framtida elanvändningen](#)" (pdf).

Den varma torra sommaren visar på fördelen med fortsatt användning av kärnkraft

Sommarens nyhetsflöde har till stor del handlat om skogsbränderna. Men för vår energiförsörjning har det också varit en exceptionell säsong. En kort och snabb vårflod följt av ovanligt lite nederbörd innebär låg fyllnadsgrad i vattenmagasinen. En blöt höst kan avhjälpa detta men vi kan inte ta regnet för givet. Samtidigt har det blåst ovanligt lite denna sommar, vilket innebär att bidraget från vindkraften inte kunnat kompensera för de låga vattenflödena. Därmed har kärnkraften vissa dagar täckt mer än 60 procent av energiförsörjningen. Svenska kraftnät har under sommaren lyft frågan och efterlyser en utredning om mål för leveranssäkerhet.

Läs mer:

- Svenska kraftnät, "[Kraftbalansen på den svenska kraftmarknaden, rapport 2018](#)" (pdf).
- Svenska kraftnäts VD [Ulla Sandborg intervjuas i P1 Morgon](#) (18 juli) om rapporten.
- Se även Svenska kraftnäts sida "[Kontrollrummet](#)" som överskådligt illustrerar fenomen i elsystemet.

Varmare klimat innebär inte att svenska kärnkraftverk måste stoppas

Under sommaren rapporterades att Ringhals 2 fick gå ned i effekt på grund av höga temperaturer i det havsvatten som används för kylning av reaktorn. Det här skulle gå att åtgärda på flera olika sätt. Eftersom Ringhals 2 kommer stängas ned 2020 kommer inga åtgärder vidtas, övriga svenska reaktorer har bättre marginaler men det går att tillämpa någon av lösningarna även där om det skulle bli aktuellt.

Läs mer:

- Analysgruppens rapport "[Kärnkraft och värmeböljor](#)".
- Energiforsks rapport 12:26 "[Miljöeffekter av kylvattenutsläpp i ett varmare klimat](#)" (pdf).

Varmt kylvatten från kärnkraft är inte ett klimatproblem

Kylvattnet som används får ca tio grader högre temperatur när de passerar genom kraftverkets värmeväxlare. Detta ger en lokal miljöpåverkan, något som har studerats grundligt exempelvis vid Forsmarks biotestsjö. Värmet från kärnkraften är fullständigt försumbar i jordens värmebalans och saknar därmed påverkan på uppvärmningen globalt.

Läs mer:

- Analysgruppens faktablad "[Jordens värmeflöden](#)".
- Elforsks rapport 09:79 "[Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp](#)" (pdf).

Sveriges elförsörjning är ett klimatföredöme

En snabb titt på [Electricitymap](#) valfri dag på året och tid på dygnet, visar tydligt att tre europeiska länder sticker ut. Hemsidan, som även finns i form av mobilapp, visar med en färgskala hur stor klimatpåverkan varje land eller elområde ger, nästan i realtid. När länder som Tyskland och Danmark växlar i färg mellan grönt och mörkbrunt, växlar Norge, Sverige och Frankrike möjligtvis mellan olika grader av grönt. Orsaken är låg fossilanvändning tack vare vattenkraft och kärnkraft. Ta gärna en titt igen på [Electricitymap](#). Hur kan vi hjälpa andra länder att minska sina koldioxidutsläpp?

Läs mer:

- Webb sidan [Electricitymap](#), eller hämta appen på [App Store](#) eller [Google Play](#).
- Analysgruppens rapport "[Klimatkalkyl för fyra stängda reaktorer](#)".
- IVA:s rapport "[Framtidens el – så påverkas klimat och miljö](#)" (pdf).

Det går att bygga kärnkraft snabbt

Flera kärnkraftbyggen i västvärlden är försenade eller har avbrutits. I vår närhet är det mest påtagliga exemplet finska Olkiluoto-3 som skulle stå klart 2009, nu räknar man med en uppkoppling mot nätet 2019, tio år försenat och 14 års total byggtid (uppdatering 2020: Reaktorn är ytterligare försenad och enligt de senaste rapporterna är uppstarten planerad till hösten 2021). Men det går att bygga snabbare. Sverige byggde de flesta av sina 12 reaktorer på utsatt tid under 1970- och 80-talen, och i Sydkorea och Kina byggs kärnkraftverk på omkring 5 år. Trots Olkiluotos försening kommer elproduktionen från reaktorn vara i samma storleksordning som hela Danmarks vindkraft, och levererad på mycket kortare tid från byggtid till nätuppkoppling.

Läs mer:

- Punkt 3 på sidan "[Kärnkraftens roll i klimatutmaningen](#)" visar en bild på hur snabbt man historiskt kunnat införa fossilfri el per capita i olika länder över snabbaste tioårsintervall.
- Analysgruppens rapport "[Kostnaden för nya reaktorer](#)" förklarar vad som krävs för att bygga kärnkraft snabbt och billigt.
- I dagarna kom ny studie från MIT med rekommendationer till industrin och politiker om vad som krävs för att kärnkraften ska kunna bidra snabbare till omställningen bort från fossila kraftslag, "[The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World](#)".

Klimatpåverkan för anrikning av kärnbränsle är låg

Den elenergi som behövs för anrikning i en centrifuganläggning av den mängd uran som används under ett års drift av en 1000 MW reaktor är ungefär 5 miljoner kWh eller 0,005 TWh. En sådan reaktor producerar närmare 8 TWh el per år, dvs mer än tusen gånger mer än vad som behövs för anrikningen. Även om anrikningsanläggningen skulle drivas enbart med el från kolkraft så skulle bidraget till kärnkraftens klimatpåverkan bli mindre än ett gram CO₂ per kWh levererad el. I verkligheten är klimatpåverkan ännu lägre då stor del av urananrikningsanläggningarna drivs av el från kärn- och vattenkraft.

Läs mer:

- Analysgruppens Bakgrund "[Uran](#)".
- Analysgruppens Bakgrund "[Kärnkraftens bränslecykler - från urangruvan till slutförvaret](#)" (pdf).

Klimatet kan inte vänta

Den farligaste kärnreaktorn kan faktiskt sägas vara den som stängs i förtid till förmån för användning av kol, gas och olja. Förutom klimatpåverkan leder eldningen av fossila bränslen till dödsfall och hälsoproblem från luftföroreningar, detta även då kraftverken fungerar som de ska. Hela 85 procent av världens energiförsörjning är ännu fossil, att få ned utsläppen till noll senast år 2050 är en enorm utmaning. Kärnkraften har historiskt varit det snabbaste sättet att bygga ut fossilfri elproduktion. Inget land har ännu lyckats bygga ut sin vind- eller solenergi i en takt som kommer i närheten av den takt i vilken kärnkraften byggdes ut. Det ser ut att bli mycket svårt att klara de globala klimatmålen utan en stor expansion av kärnkraften, vindkraften och solenergin.

Läs mer:

- Rauli Partanen i Energy Reporters, "[The Most Dangerous Nuclear Power Plant](#)".
 - Svensk sammanfattning av boken "[Climate Gamble](#)".
 - Analysgruppens presentation "[Kärnkraftens roll i klimatutmaningen](#)".
-

Klimatkalkyl för fyra stängda reaktorer



Detta är en rapport från mars 2016. [Den kan även hämtas ned som pdf \(0,08 MB\)](#)

Beskeden från Vattenfall och Eon om förtida stängning av totalt fyra reaktorer vid Ringhals och Oskarshamns kärnkraftverk leder till en ökad fossil elproduktion i våra grannländer, främst Danmark och Tyskland och Baltikum. Här ges uträkningar av klimatpåverkan under några enkla antaganden, och resultaten jämförs med andra utsläppssiffror.

Förutsättningar

De fyra reaktorer som ska stängas i förtid anges i tabellen nedan tillsammans med deras elproduktion vid full effekt och den genomsnittsliga årliga tillgängligheten (kapacitetsfaktor) sedan varje reaktor startades. Data är tagna från IAEA:s PRIS-databas och [dess hemsida för svenska reaktorer](#) [1].

Några definitioner:

- Ett år har $365 \cdot 24$ timmar = 8760 timmar.
- **Kapacitetsfaktorn** anger hur många procent elektricitet som producerats jämfört med om reaktorn gått på full effekt hela året. I tabellerna i PRIS är det värdet från columnen "Cumulative load factor" som används i detta exempel, vilket ger medelvärdet över hela reaktorns drifttid fram till år 2014. För enskilda år varierar kapacitetsfaktorn mellan noll och mer än 90 procent.
- **Drifttid** är kapacitetsfaktorn multiplicerad med antalet timmar på ett år.
- **Elproduktion** anger den genomsnittsliga mängden elenergi per år, definierat som den elektriska effekten multiplicerad med antalet timmar i drift, och anges här både i Terawatt-timmar (TWh) och kilowatt-timmar (kWh).

Reaktor	Effekt (MW _{el})	Effekt (kW _{el})	Kapacitetsfaktor (%)	Drifttid (timmar)	Elproduktion (TWh _{el})	Elproduktion (kWh _{el})
Ringhals 1	878	878 000	67,2	5887	5,2	5 168 000 000
Ringhals 2	807	807 000	67,4	5904	4,8	4 764 700 000
Oskarshamn 1	473	473 000	60,4	5291	2,5	2 502 700 000
Oskarshamn 2	638	638 000	73,3	6421	4,1	4 096 600 000

Tabell 1. Elektrisk effekt, kapacitetsfaktor och total årlig elproduktion för de fyra kärnkraftsreaktorer som ska läggas ned.

Klimatpåverkan

Enligt [Vattenfalls ISO-certifierade livscykelanalys](#) [2] har deras reaktorer en klimatpåverkan på omkring 5 gram CO₂-ekvivalenter per kWh elektricitet. Hela livscykeln med gruvbrytning, byggnation, drift och slutförvar är då inräknade. För Unipers (f.d. Eon) och Fortums reaktorer i Oskarshamn antas samma värden som för

Vattenfalls reaktorer.

Export av svenskt elöverskott bidrar till att tränga undan fossila bränslen i våra grannländer, tidigare främst i tysk och dansk elproduktion och efter invigning av den nya elförbindelsen NordBalt även de baltiska länderna. I Vattenfalls livscykelanalys har kol en klimatpåverkan på $781 \text{ g CO}_{2\text{-ekv}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ och gäller för kolbaserade kraftvärmeverk som ger både el och värme. För enbart elproduktion blir värdet något högre, upp mot $1000 \text{ g CO}_{2\text{-ekv}}/\text{kWh}_{\text{el}}$. Det är stenkol man drar ned på när det kommer mycket el från förnybart, främst vindkraft. Den smutsigare brunkolen får fortsätta gå som baskraft, vilket syns tydligt i veckodata på den tyska hemsidan [Energy Charts](#) [3].

Fortsatt drift som tränger undan kolkraft från Tyskland, Danmark, Finland, Polen eller Baltikum minskar klimatpåverkan med $781-5 = 775 \text{ g CO}_{2\text{-ekv}}/\text{kWh}_{\text{el}}$. I tabellen nedan ges den resulterande klimatpåverkan, uttryckt i ton $\text{CO}_{2\text{-ekv}}$, för de olika reaktorerna, följt av motsvarande mängd från ett kolkraftvärmeverk, och avslutningsvis den inbesparade årliga klimatpåverkan per reaktor. Som tabellen visar spar de fyra stängningshotade reaktorerna in mellan två och fyra miljoner ton per styck varje år de är i drift. **Totalt blir det omkring 12 miljoner ton per år i reducerad klimatpåverkan.**

Reaktor	Effekt (MW_{el})	Elproduktion (kWh_{el})	Kärnkraft (ton $\text{CO}_{2\text{-ekv}}$)	Kol (ton $\text{CO}_{2\text{-ekv}}$)	Sparad CO2 (ton $\text{CO}_{2\text{-ekv}}$)
Ringhals 1	878	5 168 500 000	25 843	4 036 600	4 010 800
Ringhals 2	807	4 764 700 000	23 824	3 721 200	3 697 400

Reaktor	Effekt (MW _{el})	Elproduktion (kWh _{el})	Kärnkraft (ton CO ₂ - ekv)	Kol (ton CO ₂ -ekv)	Sparad CO ₂ (ton CO ₂ -ekv)
Oskarshamn 1	473	2 502 700 000	12 513	1 954 600	1 942 100
Oskarshamn 2	638	4 096 600 000	20 483	3 199 500	3 179 000
Totalt	2796	16 532 500 000	82 663	12 911 900	12 829 300

Tabell 2. Årlig elproduktion från tabell 1, framräknad klimatpåverkan för de fyra reaktorerna, motsvarande klimatpåverkan från motsvarande mängd elektricitet från kol, och den totalt inbesparade årliga mängden koldioxid om man låter reaktorerna drivas vidare.

Jämförelser

Resultaten är svåra att värdera utan att ha något att jämföra med, här ges därför några exempel:

- [Sveriges totala klimatutsläpp för 2014](#) var 54 miljoner ton, varav 17,8 miljoner ton från transporter, 8,2 miljoner ton från internationella transporter (flyg och båt) till och från Sverige, samt 2,2 miljoner ton från elproduktionen [4].
- Att låta de fyra reaktorerna drivas vidare ytterligare fem år motsvarar en besparing av CO₂-ekvivalenter motsvarande hela Sveriges årliga klimatutsläpp.
- [Världens totala koldioxidutsläpp](#) för 2014 var 35 500 miljoner ton [5].
- År 2013 valde Alliansregeringen, under hård kritik, att sälja ett samlat överskott av utsläppsrätter för perioden 2008-2013. Antalet utsläppsrätter var 1,3 miljoner och motsvarar 1,3 miljoner ton CO₂-ekvivalenter [6].

Kommentarer

Vattenfalls livscykelanalys har väldigt låga utsläpp för kärnkraft. Studien är ISO-certifierad i EPD-systemet och får anses trovärdig, läs mer om metodiken i Analysgruppens [Bakgrund](#) [7]. Om istället FN:s klimatkommission [IPCC:s medianvärde](#) används [8] med 16 g för kärnkraft och 1001 g för kolkraft blir den besparade klimatpåverkan 5,0 Mton CO_{2-ekv}/år för Ringhals 1 och 16,2 Mton för alla fyra reaktorerna. Om vi konservativt antar det högsta värdet för kärnkraft (220 g) och det lägsta för kolkraft (781 g) blir resultatet 2,9 Mton för Ringhals 1 och 9,3 Mton för alla fyra reaktorerna. Slutsatserna i dessa uträkningar är i linje med resultaten i en vetenskaplig artikel [som publicerades våren 2015](#) [9]. I räkneexemplet har inga begränsningar i överföringskapacitet mellan Sverige och grannländerna beaktats.

Sverige är sedan några år tillbaka nettoexportör av elektricitet, detta till stor del tack vare det elöverskott som ges av den stora utbyggnaden av vindkraft. Elexporten tränger undan fossila bränslen, främst kol, i våra grannländer. Förtida stängningar av de svenska kärnkraftverken leder till mindre klimatsmart elexport till våra grannländer. Det är en dålig affär för klimatet.

*Författare: Mattias Lantz – Uppsala universitet och Analysgruppen,
Carl Hellesen – Uppsala uiversitet*

Källor

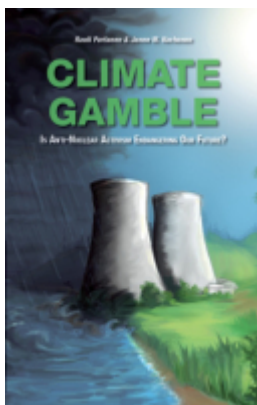
- [1] [IAEA Power Reactor Information System, Sweden.](#)
- [2] Vattenfall, [Livscykelanalys – Vattenfalls elproduktion i Norden.](#)
(pdf 2,3 MB)
- [3] Fraunhofer ISE, [Energy Charts](#), (klicka i rutan "all sources").
- [4] Naturvårdsverket, [Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser.](#)
- [5] BP [Statistical Review of World Energy](#), June 2015.

[6] Supermiljöbloggen, [Koldioxidbråk i Riksdagen](#), 16 januari 2014.

[7] Birgit Bodlund, Analysera för att agera - Om livscykelanalyser och miljövarudeklarationer, Analysgruppen, [Bakgrund nr. 1, 2014](#). [8] IPCC-rapporten, [Appendix II](#) sid 982. [9] Staffan Qvist och Barry Brook, Environmental and health impacts of a policy to phase out nuclear power in Sweden, [Energy Policy 84 \(2015\), 1-10](#).

Sammanfattning av Climate Gamble

| **analys.se**
rapport



Detta är en rapport från mars 2016. [Den kan även hämtas ned som pdf \(0,09 MB\)](#)

Boken *Climate Gamble - Is Anti-Nuclear Activism Endangering Our Future?*, av Rauli Partanen och Janne M. Korhonen, ger en mängd viktig information för allmänheten

och de beslutsfattare som engagerar sig i klimatfrågan. Detta dokument är en lathund på svenska med sidhänvisningar och sammanfattande punkter av bokens innehåll. Vi rekommenderar att boken läses i sin helhet då denna lathund är avsedd som en läshjälp, inte ett substitut för boken. För att göra det lätt att hitta står rubrikerna kvar på engelska medan de sammanfattande punkterna ges på svenska. Författarna har godkänt sammanfattningen och översättning till svenska.

Introduction

Här ges ett exempel på ett landområde med större befolkningsmängd än Sverige som nyligen lyckades uppnå en helt fossilfri elförsörjning, samt författarnas förklaring till varför de valt att skriva boken.

The largest gamble of them all

We need everything we can get to quit fossil fuels (sid 5-9)

- Västvärldens energiförsörjning, inklusive elektricitet, värme (för byggnader och industri) och flytande bränslen, behöver bli fossilfri till år 2050.
- Det kan visa sig att det inte räcker, och hittills har hanteringen av klimatfrågan varit ett misslyckande.
- För att lyckas behöver vi globalt använda alla koldioxidsnåla lösningar vi har, och dessutom i avsevärt större omfattning än idag.

Studies are cherry-picked (sid 10-12)

- Fakta presenteras som var för sig är korrekta, men som sammantagna ger mottagaren en felaktig bild.
- Enligt IPCC:s uppskattningar, baserat på 164 olika scenarier, kommer förnybara energikällor (inklusive biobränsle och vattenkraft) år 2050 i medeltal kunna ge världen omkring en tredjedel av den energi som vi

förbrukar idag (550 etajoule, dvs $5,5 \cdot 10^{20}$ joule, dvs 153 000 TWh).

- Scenariot från Greenpeace sticker ut som det mest optimistiska, men även deras scenario visar att mindre än 80 procent av dagens energiförsörjning kan komma från förnybart år 2050.
- År 2050 har världens energianvändning troligtvis växt med flera hundra etajoule, eftersom utvecklingsländerna behöver utöka sin ekonomi, sina medborgares levnadsstandard, och som en följd av detta, sin energianvändning. Det är inte sannolikt att detta ökade energibehov kan mötas med enbart förnybar produktion.

Is "wishing for the best " really the only plan? (sid 13-26)

- Scenarier med låg energianvändning tenderar att försumma den så kallade rebound-effekten - dvs att en effektivisering av varor och tjänster leder till en ökad användning. Dessa scenarier bygger ibland på ett antagande att världens fattiga går med på att förbli fattiga.
- Scenarier där enbart förnybara energikällor används ignorerar att problemet med intermittens (väderberoende) blir avsevärt mer komplicerat ju större andelen förnybart blir i energimixen.
- För att få bort fossila bränslen ur elproduktionen behöver dagens utbyggnadstakt av förnybart öka med flera storleksordningar. Det innebär en byggnadstakt i en skala vi aldrig bevittnat förut, även om vi jämför med alla dagens energikällor. För att åstadkomma en helt fossilfri energiproduktion skulle tillväxttakten behöva vara ännu högre.
- Användningen av biomassa, som är en viktig hörnsten i de scenarier som utesluter kärnkraft, skulle behöva växa betydligt jämfört med dagens nivå. En sådan ökning skulle ha stora konsekvenser för biologisk mångfald och matproduktion.
- Även om vi tar med den tekniska utvecklingen är det troligt

att en del insatsvaror såsom silver och tellur kommer bli bristvaror redan innan hälften av den globala elproduktionen kommer från förnybart.

Optimism is no guarantee of success (sid 26-29)

- Genom historien har alla större energikällor utvecklats på liknande sätt med stor tillväxttakt i början som sedan planar ut. Det finns inga skäl att tro att förnybar energi kommer bete sig annorlunda, och på grund av intermittensen är det troligt att de kommer plana ut snabbare.
- Den tidigare snabba tillväxten av förnybara energikällor beror främst på politiskt satta tariffer. När dessa tariffer sänkts har tillväxttakten för förnybart sjunkit betydligt.
- De senaste hundra åren har det flera gånger förutspåtts ett nära förestående genombrott för sol- och vindkraft.

From gamble to calculated risk

Lies, damned lies, statistics, and falsified statistics (sid 31-36)

- Flera miljöorganisationer har med avsikt förvanskat energistatistik i syfte att få kärnkraft att framstå som ett mycket sämre verktyg för klimatåtgärder än vad det faktiskt är. Ett vanligt grepp är att, helt godtyckligt, tillskriva kärnkraften stora utsläpp av klimatgaser trots att livscykelanalyser visar att utsläppen av klimatgaser från kärnkraften är bland de lägsta för elproduktion överhuvudtaget.
- Om man jämför det i flera avseenden misslyckade Olkiluoto 3 med tillväxthastigheten av något lands rekordsnabba utbyggnad av sol och vind, visar det sig ändå att kärnkraft på lång sikt är åtminstone dubbelt så snabb att förse elnätet med koldioxidsnål el.

What about the costs of opposing nuclear? (sid 36-37)

- Många gröna partier och miljöorganisationer är låsta i ett

starkt kärnkraftsmotstånd sedan de grundades på 1970- och 80-talen. Detta motstånd, och de framgångar de haft med att sprida en negativ inställning till kärnkraft, gör att sådana grupper tenderar att sätta kärnkraftsmotståndet före klimatfrågan och den biologiska mångfalden.

- Eftersom biobränslen framgångsrikt marknadsförts som "rena och förnybara" trots uppenbara problem med sådana definitioner, leder kärnkraftsmotstånd på vissa platser till fortsatt skövling av vår miljö.

Halting climate change is the goal, renewables and nuclear are tools (sid 38-39)

- Målen och verktygen blandas ofta ihop, vilket försvårar diskussionen. Målet är att få ned utsläppen tillräckligt för att mildra farliga effekter av klimaförändringarna. Ett av verktygen för att nå målet är olika metoder för koldioxidsnål energiutvinning.
- Det är kontraproduktivt att sätta ett verktyg mot ett annat när situationen kräver att vi använder alla tillgängliga verktyg.
- Olika utmaningar kräver olika verktyg. Ett verktyg som fungerar bra i en situation är inte alltid lämpligt i andra lägen. Exempelvis är utsläppsminskningarna med solceller i Tyskland upp till tio gånger dyrare än att göra samma sak med vindkraft.

Arguing against evidence: a primer (sid 40-42)

- Vissa kärnkraftsmotståndare försöker misskreditera vetenskapen och de forskare som stödjer kärnkraft genom påståenden om korruption och en global konspiration.
- Oroväckande många kärnkraftskritiska påståenden är retoriska och logiska motsvarigheter till de som används av klimatförnekare. Även i de fall där påståenden innehåller en viss sanning saknas ofta relevant information eller sammanhang.
- Argument där kärnkraft anges som "farligt" bygger på en

vinklad uppfattning om risker där blotta möjligheten att en skada kan uppstå i framtiden ges avsevärt mycket större vikt än de verkliga faror som kan drabba oss idag eller i en nära framtid.

How dangerous is radiation actually ? (sid 42-56)

- Radioaktivitet och joniserande strålning beskrivs ofta som mycket farligare än vad de faktiskt är.
- Den naturliga bakgrundsstrålning som människor utsätts för varierar kraftigt, men hälsostatistiken påvisar små eller inga effekter alls för de grupper som lever med höga strålningsnivåer.
- De extra stråldoser som de flesta evakuerade från Fukushima fick motsvarar den dos de skulle få av att leva ett år i Finland.
- I Fukushima är rädsla, oro och social stigma, i kombination med den påtvingade och långvariga evakueringen, en mycket större hälsofara än vad den faktiska strålningen skulle vara.
- Statistiskt sett är kärnkraft en av de säkraste, om inte den säkraste, energikällan – även när farliga konsekvenser från uranbrytning, olyckor och kärnavfallet räknas med.

The risks and disadvantages need to be compared fairly (sid 56-57)

- Nyhetsmedia och miljöorganisationer tenderar att använda vaga eller oklara enheter och terminologi när de rapporterar om strålning, och det ges nästan aldrig relevanta jämförelser. Sådan rapportering ger ingen information om de verkliga riskerna.
- Det finns skäl att misstänka att otydligheten beror av ett journalistiskt behov av att beskriva strålning som farlig. Då det är ovanligt att strålning utgör en fara krävs en otydlighet för att skapa den dramatik i rapporteringen som förväntas när strålning är inblandat.

How serious is the nuclear waste problem? (sid 57-70)

- Att lagra kärnavfall, eller använt bränsle, är mer ett politiskt problem än ett tekniskt. Det finns flera ekonomiskt och tekniskt vettiga lösningar för avfallet, från geologiska djupförvar till transmutation i snabba reaktorer.
- Långtidsriskerna från kärnavfall (exempelvis vid ett läckande förvar) kvantifieras sällan och jämförs aldrig med andra relevanta risker. Det finns skäl att misstänka att orsaken är riskerna är så pass små att alla jämförelser med andra risker skulle bli absurda.
- Att bo ovanpå ett läckande geologiskt förvar skulle – om man räknar konservativt – ge ett dostillskott motsvarande det man får från att äta en klase bananer.
- Kärnkraftindustrin är en av få industrier som har ansvar att samla in och lagra det avfall den genererar.

Is nuclear power cheap or expensive? (sid 70-83)

- I alla seriösa jämförelser ligger kostnaden för kärnkraft i nivå med andra koldioxidsnåla alternativ.
- Ibland får man intrycket att en fossilfri energisektor får kosta hur mycket som helst, om det inte görs med kärnkraft då argumentet istället är att det blir för dyrt.
- I jämförelser av kostnaden mellan olika kraftslag vinklas det ofta till kärnkraftens nackdel på olika sätt:
 - Man jämför installerad effekt och inte den energi som faktiskt utvinns, på så vis bortser man från kärnkraftens höga kapacitetsfaktor.
 - Man ignorerar ett kraftverks livslängd, vilket för moderna kärnkraftverk är 60 år eller längre. Vind och solkraft har halva den livslängden, eller kortare.
 - Man väljer en hög diskonteringsränta, dvs en nedvärdering av framtiden jämfört med nu, när olika alternativ jämförs. En hög diskonteringsränta gör långsiktiga investeringar mindre lönsamma, vilket slår mot kraftverk med lång livslängd. En tillräckligt hög diskonteringsränta främjar alltid

konsumtion nu jämfört med långsiktiga investeringar.

- Man ignorerar kvaliteten på den levererade energin. Baskraft är nästan alltid mer värdefull för samhället än intermittert kraft. Värdet av intermittert energi som vind och sol minskar när deras del av energiproduktionen ökar, eftersom detta leder till tidvis överproduktion, och behov av reservkraft vid andra tillfällen.
- Vårt moderna samhälle har genom historien förbättrats genom ökad effektivitet av primärproduktionen, vilket har lett till att allt fler människor kan göra något annat än att utvinna energi. Trots detta finns det människor som på allvar föreslår att skapande av arbeten inom energisektorn genom att göra den mindre effektiv och mer arbetsintensiv är en god sak. Det är det inte.
- Arbeten som skapas med subventioner har två svagheter:
 - Jobben försvinner när subventionerna tas bort.
 - Det är inte nya jobb, utan utbytta jobb eftersom pengarna och produktiviteten från subventioner alltid kommer från en annan del av ekonomin.
- Att se en framtid med mer automatisering och färre arbeten är skrämmande och svårt för många, och vi behöver hjälpas åt med dessa utmaningar. Men att minska effektiviteten i primärproduktionen och sätta folk i arbete på fälten är inte att "hjälpa".

Subsidies might be necessary, but their problems need to be discussed (sid 84-89)

- Den främsta orsaken till att subventionera vissa energiformer är att fossila bränslen till stor del externaliserar sina kostnader och därför har en orättvis och snedvridande effekt på marknaden.
- Den uppskattade kostnaden som fossila bränslen externaliserar är ungefär en storleksordning större än subventioner till kärnkraft eller förnybart. De totala

subventionerna till förnybart är snart större än de totala subventionerna till kärnkraft.

- Så kallade feed-in tariffer utan andra styrmedel har visat sig vara ett dåligt sätt att subventionera koldioxidsnåla energikällor – troligtvis fungerar investeringsstöd och stöd till forskning och utveckling bättre.

What can we still do? (sid 89-99)

- Bokens avslutande kapitel summerar vikten av att vi använder oss av alla tillgängliga verktyg – som förnybart, energibesparingar, effektiviseringar, kärnkraft samt koldioxidinfångning och lagring – för att kunna klara av att uppnå klimatmålen.
- Frågan om miljöorganisationerna är en del av problemet eller en del av lösningen diskuteras, med slutsatsen att det går att vara miljövän och samtidigt vara för kärnkraft.
- Läsaren uppmanas att ställa frågor och kräva sakliga svar från beslutsfattare, industrin och intresseorganisationer. Kärnkraften behöver granskas kritiskt men kritiken behöver vara saklig.

Om boken och författarna

Mer information finns på hemsidan climategamble.net, där man också kan beställa boken, som finns på finska, engelska, tjeckiska och franska.

Rauli Partanen är skribent och föreläsare med fokus på energi- och miljöfrågor.

Janne M. Korhonen är doktorand i energiekonomi och hållbar design vid Aaltouniversitetet i Helsingfors.

Sammanfattningen har översatts till svenska av Mattias Lantz och Daniel Westlén, Analysgruppen

swenuclear-lantz-fig4