



Stortingets utredningsseksjon

Til: (...)

Dato: 08.02.2023

Utredet: (...)

Oppdragsnr: 2023071

Kjernekraft og sentrale motforestillinger

OPPDRAK

Kjernekraftdebatten tiltar stadig. Innvendingene mot kjernekraft har særlig vært knyttet til kostnader, lang tid for gjennomføring og ikke minst sikkerhet, enten det gjelder lagring av avfall, strålingsfare ved ulykker, terror og krig, eller fare for spredning av atomvåpen. Samtidig har EU nylig klassifisert investeringer i kjernekraft som «grønne». Kjernekraft er utslippsfri, stabil og medfører små naturinngrep. Fornybar energi som vind- og solkraft er også utslippsfri, men leverer ikke kraft når det ikke blåser eller er sol og gir store naturinngrep. Europa trenger sårt mer stabil kraft som ikke er avhengig av vær og vind, og mange land både i Europa og resten av verden satser nå på kjernekraft. Det synes å være stor enighet blant faglige miljøer og store internasjonale organisasjoner som EU, OECD og FN om at kjernekraftens fordeler veier tyngre enn ulempene. Kan utredningsseksjonen svare på hva de viktigste faglige motforestillingene mot kjernekraft er, minimum i form av å vise til sentrale, kritiske artikler, rapporter mv. fra faglig hold?

SAMMENDRAG

Nasjonale myndigheter, internasjonale organisasjoner og fagmiljøet peker bl.a. på følgende ulemper knyttet til kjernekraftverk:

- ♦ risikoen for radioaktivt utslipp pga. svikt, ulykker, naturkatastrofer og kriminalitet, terror og krig. Det gjelder kjernekraftverk, produksjon av brensel, transport og lagring av kjernefysisk materiale
- ♦ høye investeringskostnader og lange ledetider
- ♦ russisk og kinesisk dominans
- ♦ manglende plan og løsning for varig lagring av høyradioaktivt materiale
- ♦ klimaendringer kan påvirke bruk av kjølevann i kjernekraftverk og øke risikoen for naturkatastrofer
- ♦ utvikling av ny kjernekraftteknologi tar lang tid
- ♦ risikoer og kostnader knyttet til å opprettholde driften i gamle kjernekraftverk



INNHold

1	Innledning.....	2
2	De antatt viktigste ulempene ved kjernekraft.....	2
2.1	Det amerikanske energidepartementet	2
2.2	Det internasjonale energibyrådet, IEA	3
2.3	Det internasjonale atomenergibyrådet, IAEA	3
2.4	Greenpeace	3
2.5	Tenketanken Friedrich Ebert Stiftung Just Climate	4
2.6	Japans institutt for bærekraftig energipolitikk.....	4
2.7	Risiko ved kjernefysisk avfall	5
2.8	Mulige konsekvenser under krig.....	6
2.9	Andre ulemper for kjernekraften	7
3	Scenarier for kjernekraft fram mot 2050	7

1 Innledning

Utredningsseksjonen sammenfatter i dette notatet hva noen utvalgte nasjonale myndigheter, internasjonale organisasjoner og forskere mener er de viktigste ulempene ved kjernekraft. Vi har valgt et relativt spredt kildemateriale for å vise bredden i faktorer som pekes på som viktige ulemper ved kjernekraft. Vi har ikke sammenfattet de omtalte ulempene i én liste, men presentert ulempene slik de er pekt på av kildene vi har valgt å bruke. Vi har ikke kapasitet til å gjøre egne vurderinger av viktighet og relevans for de ulike ulempene. Vi mener likevel notatet gir en rimelig god oversikt. Kildene vi henviser til kan gi mer detaljert informasjon.

2 De antatt viktigste ulempene ved kjernekraft

2.1 Det amerikanske energidepartementet

Ifølge *Office of Nuclear Energy* i *US Department of Energy*, er utfordringene med kjernekraft:¹

- ♦ befolkningens oppfattelse av at kjernekraft er ustabil og farlig
- ♦ transport, lagring og avhending av radioaktivt avfall
- ♦ svært høye investeringskostnader
- ♦ kompliserte prosjekter med lange ledetider (planlegging, konsesjonsbehandling og bygging)
- ♦ høye driftskostnader knyttet til bl.a. vedlikehold, sikring og lagring av radioaktivt materiale.

¹ Office of Nuclear Energy (2021) [Advantages and Challenges of Nuclear Energy](#)

2.2 Det internasjonale energibyrået, IEA

IEA peker på følgende utfordringer knyttet til å forlenge levetiden til eksisterende og bygge nye kjernekraftverk:²

- ♦ nødvendig med betydelige investeringer for å erstatte og renovere deler og anlegg for å opprettholde sikker drift i eksisterende kjernekraftverk
- ♦ de høye investeringskostnadene, kompleksiteten i utbyggingsprosjektene, risikoen for forsinkelser og kostnadsoverskridelser og endringer i de politiske vilkårene og i kraftmarkedet
- ♦ utbygging av nye kjernekraftverk i vestlige land har hatt store forsinkelser (Finland, USA og Frankrike)
- ♦ liten aktivitet innenfor kjernekraft i vestlige land fører til tap av arbeidskraft, kunnskap, kompetanse og teknologi. Av de 31 reaktorene som ble påbegynt utbygget siden starten av 2017 har 27 russisk eller kinesisk teknologi
- ♦ frykten for ulykker og for lagring av radioaktivt avfall er stor i mange land
- ♦ redusert tilgang til og nye krav til bruken av kjølevann i kjernekraftverk bl.a. på grunn av klimaendringer, global oppvarming og tørkeperioder

2.3 Det internasjonale atomenergibyrået, IAEA

IAEA peker på følgende risikoer:³

- ♦ kjernekraftverk og radioaktivt materiale kan være utsatt for kriminelle handlinger⁴
- ♦ menneskelig og organisatorisk svikt
- ♦ naturkatastrofer og alvorlige ulykker kan føre til radioaktiv forurensing
- ♦ klimaendringer, økt havnivå og mer ekstremvær kan være en trussel mot all energiinfrastruktur, også kjernekraftverk
- ♦ global oppvarming har også betydning for tilgangen på og kravene til bruk av kjølevann i kjernekraftverk.

2.4 Greenpeace

Greenpeace er hevder at kjernekraft ikke har noen plass i en trygg, ren og bærekraftig framtid:⁵

- ♦ kjernekraft kan bare gi et lite bidrag til målet om nullutslipp i 2050. En dobling av kjernekraftproduksjonen globalt, vil bare redusere utslippet av klimagasser med 4 prosent
- ♦ kjernekraftverk er farlige og sårbare. De er enkle mål for terrorisme, cyber-angrep og krig og sårbare for ulykker og naturkatastrofer
- ♦ kjernekraft er for dyrt. For å nå klimamålene må de raskeste, mest effektive og rimeligste tiltakene prioriteres
- ♦ det tar lang tid å bygge nye kjernekraftverk
- ♦ kjernekraft skaper store mengder giftig, radioaktivt avfall

² IEA (2019) [Nuclear Power in a Clean Energy System](#), IEA (2022) [Nuclear Power and Secure Transitions](#), IEA (2022) [Climate Resilience for Energy Security](#)

³ IAEA (2022) [Climate Change and Nuclear Power 2022: Securing Clean Energy for Climate Resilience](#)

⁴ IAEA (2023) [Security of nuclear and other radioactive material](#), IAEA (2023) [Human and organizational factors](#), IAEA (2023) [Severe accident management](#)

⁵ Greenpeace (2022) [6 reasons why nuclear energy is not the way to a green and peaceful world](#)

- ♦ utviklingen av ny kjernekraftteknologi tar lang tid

2.5 Tenketanken Friedrich Ebert Stiftung Just Climate

Utredere ved tenketanken *Friedrich Ebert Stiftung Just Climate* gir en kortfattet omtale av de meste bruke argumentene for og mot kjernekraft i en rapport fra 2022:⁶

- ♦ De totale utslippene av klimagasser gjennom et kjernekraftverks livsløp er om lag 117 g CO₂/kWh. Det er vesentlig lavere enn om lag 442 g CO₂/kWh for gasskraftverk, men vesentlig høyere enn om lag 9 g CO₂/kWh fra landvind. Små mobile kjernekraftverk vil ha enda høyere livsløpsutslipp.
- ♦ Bygging av nye kjernekraftverk med ny teknologi vil ta svært lang tid, både pga teknologiutvikling, lange plan, byggesak og byggeprosesser og ikke minst konsesjonsbehandling for nye teknologier
- ♦ Kjernekraft gjør ikke Europa mindre avhengig av Russland. Russland er nest største leverandør med om lag 20 prosent av uran og 25 prosent av tjenester og bearbeidet *material* (som anriket uran). 18 kjernekraftverk i EU bruker kun russisk brensel. Franske *Framatom* og russiske *Rosatom* har flere finansielle og organisatoriske avtaler, og en eventuell sanksjon mot Rosatom ville i praksis føre til at Framatom står uten avfallshåndtering. (Ifølge [TU](#) importerer EU over 90 prosent av uranet som brukes i kjernekraftverkene, og 18 av 103 reaktorer i EU er bygget med russisk teknologi. [Utredningsseksjonen](#) i det britiske Underhuset fastslår at det bare er Russland som kan levere brensel til avanserte modulære reaktorer.
- ♦ Det er allerede sikkerhetsbekymringer ved nye generasjon III-reaktorer. Gasslekkasjer og lave nivåer av radioaktivitet har ført til nedstengning av nye generasjon III-reaktorer bygget av franske Framatom og kinesiske CGN
- ♦ Generasjon IV-reaktorer har lovende teknologi, men det vil ta tid før denne teknologien kan tas i bruk. Frankrike stoppet sitt Generasjon IV-forskningsprosjekt etter at staten hadde brukt om lag €0,7 milliarder på prosjektet. Begrunnelsen som ble gitt var at den nye teknologien ikke ville bli industrielt utnyttet før i siste halvdel av det 21-århundre.
- ♦ Små modulære reaktorer (SMR) kan være mer aktuelle, men et høyere antall reaktorer kan føre til mangedobling av trusler knyttet til funksjonsfeil (pga. svikt, ulykker, naturkatastrofer og angrep) og spredning av radioaktivt material
- ♦ For at SMR skal bidra som klimatiltak i løpet av 2030-årene, må SMR-prototyper bli testet ut med suksess i løpet av 2020-årene

2.6 Japans institutt for bærekraftig energipolitikk

Forsker og instituttleder Tetsunari Iida ved det japanske *Institute for Sustainable Energy Policy* redegjør i en artikkel i *International Politics and Society* (IPS) fra november 2022 for hvorfor Tyskland har vedtatt å legge sin kjernekraftproduksjon og hvorfor Japan ikke bør satse på kjernekraft. Instituttleder Iida viser til den tyske miljøvernminister Steffi Lenkes argumenter for at Tyskland skal fase ut kjernekraft:⁷

⁶ Dassonville, C. og Siemen, T. (2022) [Nuclear Energy: The Pros and Cons](#), Friedrich Ebert Stiftung Just CLimate

⁷ Iida, T (2022) [Japans nuclear turnaround](#), IPS: Economy and Ecology 09.1102022

- ♦ Bruken av eksisterende kjernekraftverk er risikabel og ulykkene ved Tsjernobyl og Fukushima og andre katastrofer har synliggjort risikoene
- ♦ Kjernekraftverk er dyre å bygge og produserer svært giftig avfall som fremtidige generasjoner må ta hånd om
- ♦ Kjernekraftverk kan bli krigsmål

lida mener det ikke er noen rasjonelle grunner til å støtte kjernekraft, og trekker fram følgende momenter:

- ♦ Kjernekraftverk er ikke sikre for jordskjelv og tsunamier
- ♦ De er en fare for innbyggerne
- ♦ Det er per i dag ingen plan for trygg lagring av radioaktivt avfall
- ♦ Strømbrydd er knyttet til effektbehov i korte perioder med maksimalt forbruk og kan bedre løses med forbruksrelaterte tiltak som energisparetiltak og lagring i batteriparker, enn med kjernekraft
- ♦ De eksisterende kjernekraftverkene i Japan er allerede ganske gamle og må dekommissioneres i løpet av relativt kort tid. De er derfor ikke et varig klimatiltak. Bygging av nye kjernekraftverk er svært kostbart og vil ta lang tid med mulige forsinkelser
- ♦ Kjernekraftverkene er sårbare for klimaendringer og ekstremvær. Høye temperaturer og tørke, stormer og oversvømmelser (med løse gjenstander/debris) kan føre til at kjernekraftverkene må redusere eller stenge produksjonen. Europeiske kjernekraftverk har dels måttet redusere/stenge produksjonen (som [sommeren 2018](#)) og dels fått unntak for å følge gjeldende regelverk om utslipp av kjølevann til vassdrag (som i Frankrike [sommeren 2022](#)).

2.7 Risiko ved kjernefysisk avfall

Forskerne Mohammed Alwaeli og Viktoria Mannheim, ved henholdsvis *Silesian University of Technology* i Polen og *University of Miskolc* i Ungarn, har publisert en artikkel om *state of the art* innen behandling av kjernefysisk avfall i det vitenskapelige tidsskriftet *Energies* utgitt av det sveitsiske forlaget MDPI.⁸

De to forskerne fastslår at kjernekraft produserer svært lite avfall i volum, sammenlignet med f.eks. kull. Et kjernefysisk reaktor med produksjonskapasitet på 1 000 MW vil produsere 30 tonn avfall i året, mens et kullkraftverk med tilsvarende kapasitet vil produsere 300 000 tonn aske. Utfordringen er at avfallet fra kjernekraftverket er svært radioaktivt og giftig. Avfallsforvaltningen er derfor den største ulempen med kjernefysiske kraftverk, hevder de to forskerne. Økt satsing på kjernekraftverk vil føre til økt mengde kjernefysisk avfall. Dekommisjonering av kjernefysisk avfall er ekstremt vanskelig. Kjernekraftverk må derfor ha en sikker forvaltning og endelig lagring av radioaktivt avfall (RW) og brukt kjernefysisk brensel (SNF). Alwaeli og Mannheim viser til forvaltningen av kjernefysisk avfall varierer mellom landene som har kjernekraftverk, også i Europa.

⁸ Alwaeli, M. og Mannheim, V. (2022) [Investigation into the Current State of Nuclear Energy and Nuclear Waste Management – A State-of-the-Art Review](#), *Energies* 2022, 15, 4275

Avfallet må håndteres gjennom flere prosesser og over flere år, før det kan lagres permanent. I noen land blir det brukte kjernefysiske brenselet (SNF) resirkulert og gjenbrukt. I andre land blir det lagret som farlig avfall. På grunn av teknologiske utfordringer og motstand i opinionen blir avfallet midlertidig lagret ved kjernekraftverkene i mange land. Endelig og varig lagring er krevende, som utredningsseksjonen har beskrevet i svar på oppdrag 2022060. Ifølge forskerne kan 90 prosent av brenselet (SNF) gjenbrukes. Gjenbruk og avfallsminimering må være en vesentlig del av forvaltningen av kjernefysisk avfall, fastslår Alwaeli og Mannheim.

2.8 Mulige konsekvenser under krig

En artikkel i *Polytechnique insights*, som utgis av Polyteknisk institutt i Paris, har flere forskere beskrevet hva som kan skje med kjernekraftverk under krig. Konklusjonen er at kjernekraftverk ikke er kompatible med krig:⁹

- ♦ Kjernekraftverkene er ikke bygget for å tåle alle typer missiler
- ♦ Missiler kan treffe kritisk sikkerhetsutstyr og –installasjoner og forårsake utslipp av radioaktivt materiale
- ♦ tilførselen av elektrisitet og kjølevann kan kuttes og føre til nedsmelting av kjernen. Stans i tilførselen av elektrisitet er en av de viktigste risikoene for kjernekraftverk, ifølge assisterende direktør Karine Herviou ved *Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire*
- ♦ En angriper kan koble av overvåkingen av radioaktiv stråling i omgivelsene rundt kjernekraftverket
- ♦ brukt radioaktivt brensel lagres ved kraftverket og kan skades og føre til store utslipp
- ♦ krig vil påvirke drifts- og arbeidsforholdene ved kjernekraftverkene og risikoen for menneskelig og organisatorisk svikt kan øke
- ♦ det finnes ingen internasjonal konvensjon om hvordan kjernekraftverk skal sikres under krig, men kjernekraftverkenes sikkerhet er tema i tilleggsprotokoll I og II til Genevekonvensjonen for internasjonale og ikke-internasjonale væpnede konflikter: Det er forbudt å angripe mål som medfører katastrofer for sivilbefolkninger (for eksempel demninger, diker og kjernekraftanlegg).

Et utslipp fra reaktoren kan få svært store konsekvenser. Ifølge Olivier Gupta, som er direktør ved det franske atomsikkerhetstilsynet (ASN) og president for *Western Nuclear Regulators Association* (WENRA), kan en alvorlig ulykke, som ikke skader reaktorbygningen gjøre det nødvendig å evakuere og skjerme befolkningen innenfor en radius på henholdsvis 5 km og 20 km. En ulykke som medfører skade på bygningen som beskytter reaktoren, kan gjøre det nødvendig å evakuere og skjerme befolkningen innenfor en radius på henholdsvis 20 km og 100 km, ifølge direktør Gupta.

⁹ Polytechnique insights (2022) [What are the risks of nuclear power plants in wartime?](#)

2.9 Andre ulemper for kjernekraften

Reuters peker på at tilgangen på arbeidskraft kan bli kjernekraftens største utfordring.¹⁰

Tenketanken *Good Energy Collective* arbeidet for økt satsing på ny avansert kjernekraft. Tenketanken viser til at gruvedrift etter uran har skapt store miljømessig utfordringer, og kan bidra til å øke klimaavtrykket til kjernekraft. Nedlagte gruver er en stor forurensningskilde for vann, luft og jordsmonn. Opprydding etter nedlagte gruver kan koste flere milliarder kroner.¹¹

3 Scenarier for kjernekraft fram mot 2050

Ifølge IEA utgjør kjernekraft om lag 10 prosent av global elektrisitetsproduksjon. IEA har analysert tre ulike scenarier for utviklingen av energimarkedet frem mot 2050:¹²

- ♦ *The Stated Policies Scenario (STEPS) shows the trajectory implied by today's policy settings.*
- ♦ *The Announced Pledges Scenario (APS) assumes that all aspirational targets announced by governments are met on time and in full, including their long-term net zero and energy access goals.*
- ♦ *The Net Zero Emissions by 2050 (NZE) Scenario maps out a way to achieve a 1.5 °C stabilisation in the rise in global average temperatures, alongside universal access to modern energy by 2030.*

I de ulike scenariene for energimarkedet frem mot 2050 er andelen kjernekraft om lag 10 prosent også i 2050, ifølge IEA. I NZE-scenariet anslår IEA at andelen kjernekraft faller fra 10 til 8 prosent, men mengden produsert kjernekraft blir mer enn fordoblet. IEA legger til grunn at utbyggingen skjer i de over 30 landene som er positive til kjernekraft.

Nye avanserte kjernekraftverk kan bidra til å redusere utfordringene. Se f.eks:

International Energy Forum (2022) [Nuclear Energy is Becoming Safer and More Efficient. Here's How](#). Norge er ett av 72 medlemsland i IFE.

UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2023) [Policy paper: Advanced Nuclear Technologies](#)

¹⁰ Reuters (2022) [Finding a workforce may be nuclear's largest challenge](#)

¹¹ Good Energy Collective (2022) [Sustainable and Ethical Uranium Mining: Opportunities and Challenges](#)

¹² IEA (2022) [World Energy Outlook 2022](#)