

BRIEFING: **ATOMKRAFT NEJ TAK**

Hvorfor atomkraft ikke er
løsningen på klimakrisen

GREENPEACE

INDHOLD

01 Indledning

02 Hovedpointer

03 Vores kontekst er Danmark - og de næste 8 år

04 Atomkraft i dag

05 Fem grundproblemer med eksisterende atomkraft

1. Atomkraft er dyrt
2. Atomkraft tager for lang tid
3. Atomkraft er farligt
4. Atomaffald skaber fortsat problemer
5. Atomkraft indebærer muligheden for spredning af atomvåben

06 Seks argumenter om vedvarende energi og atomkraft

1. Vi får kun strøm fra sol og vind, når solen skinner og vinden blæser, mens atomkraft er en stabil energikilde
2. Der er behov for atomkraft - vedvarende energi kan ikke klare det alene
3. Danmarks skal plastres til med sol og vind for at opfylde vores behov
4. Vindmøller og solpaneler går ud over natur og biodiversitet
5. Atomkraft er lig med forsyningssikkerhed og energiafhængighed
6. Ny atomkraft-teknologi løser problemerne

01 Indledning

Kan atomkraft løse klimakrisen? På overskriftsniveau er det typisk sådan, vi bliver præsenteret for debatten om atomkraft. Det er en forsimplet overskrift. En smule mindre forsimplet kunne det lyde således: Hvad er status for atomkraft i dag, og er atomkraft en attraktiv løsning i den nærmeste eller lidt fjernere fremtid her i Danmark?

Det korte svar er: Atomkraft er ikke et seriøst alternativ i Danmark. Måske kan atomkraft blive et acceptabelt bud længere ude i fremtiden, men det afhænger af udfaldet på en lang række forskellige udfordringer.

Det er måske ikke overraskende, at Greenpeace er af den overbevisning, men så tag det fra den danske atomteknologi-startup Seaborg, Klimarådet, professor i energiplanlægning Brian Vad Mathiessen, daværende energi- og klimaminister Dan Jørgensen, nuværende energi- og klimaminister Lars Aagard eller Green Power Denmark (tidligere Dansk Energi).

Atomkraft debatteres igen - men argumenterne er kun blevet svagere

Atomkraft er dukket op i medierne og debatten igen. Det er naturligt nok. Vi udleder stadig alt for meget CO₂ og andre drivhusgasser. Klimakrisen er ikke løst, og vi mærker dens konsekvenser overalt på Jorden. Ørkenspredning, ekstreme vejrfænomener, skovbrande og andre klimakatastrofer bliver hyppigere og kraftigere.

Samtidig har Putins krig i Ukraine mindet os om vores dybe afhængighed af især fossilgas og olie fra Rusland.

Derfor skal der findes løsninger, og alle muligheder må overvejes. Det gælder naturligvis også atomkraft.

I dette dokument argumenterer Greenpeace for, hvorfor opførelsen af ny atomkraft ikke er en løsning, der kan levere et relevant bidrag til omstillingen væk fra fossile brændsler inden 2030 og formodentlig heller ikke frem mod 2040. Vores udgangspunkt er Danmark, men udfordringerne for atomkraft gælder i mange tilfælde også uden for landets grænser.

Derudover gennemgår vi seks af de argumenter, der ofte bruges af fortalere for atomkraft. Med denne gennemgang vil vi vise, at trods udfordringerne forbundet med en hastig udbygning af mere vedvarende energi, så forbliver sol og vind de mest attraktive løsninger for dansk elektricitetsproduktion.

02 Hovedpointer

Trods mange årtiers forskning og udvikling har atomkraftindustrien ikke formået at indfri sine gyldne løfter, og atomkraft har stadig fem helt centrale udfordringer. Hver især bør disse udfordringer give anledning til grundig skepsis, men samlet set leverer de en knusende kritik. Så længe problemerne ikke er løst, er atomkraft ikke en attraktiv løsning på hverken klimaforandringerne eller vores forsyningssikkerhed.

- Sammenlignet med vind- og solenergi er det i grove træk dobbelt så dyrt at opføre ny atomkraft i Danmark. Sammenlignet med atomkraft i Vesteuropa kan dansk havvind opføres til 60 pct. af prisen og landmøller og solcelleparker til 50 pct. eller mindre. En prisforskel der forventes at øges yderligere de kommende år.
- Vi kan ikke nå at bygge atomkraft i det tempo, der er behov for. Selv hvis Danmark besluttede sig for at etablere atomkraft i dag, så vil det formodentlig ikke stå færdigt de første 15-20 år. I den lange byggefase leverer nye atomkraftværker ikke en eneste kWh el, men tager investeringer væk fra sol og vind, der kan give nødvendige reduktioner langt hurtigere.
- Nyere værker har i dag bedre sikkerhed end de ældre generationer af atomkraft. Sandsynligheden for ulykker er blevet mindre, men konsekvenserne kan i værste fald fortsat blive katastrofale.
- Slutdeponering af det radioaktive affald er fortsat et uløst problem. Højradioaktivt affald i form af udbrændt uranbrændsel fra nuværende og tidligere atomkraftværker er farligt på grund af stråling fra plutonium og andre radioaktive stoffer. Derfor skal det opbevares i hundredetusinder af år under ekstremt sikre forhold. Det er fundamentalt ubæredygtigt.
- Historisk set har den civile atomindustri og udbredelsen af atomvåben været tæt forbundet. På berigningsanlæg og oparbejdningsanlæg kan der produceres højt beriget uran og plutonium egnet til atomvåben. Det gælder både i vesten, og lande som Pakistan, Indien, Iran og Nordkorea.
- Vi finder ingen overbevisende dokumentation for, at atomkraft er nødvendigt eller attraktivt i Danmark på grund af sol- og vindenergis vejrafhængighed. Atomkraft kan i sig selv have et stort behov for backup og er afhængig af et system af alternative energikilder til spids- og reservebelastning. Derimod viser ny dansk forskning, at andre energikilder vil kunne fungere bedre og billigere som de stabile kilder i energisammensætningen.
- Der er ikke noget, der tilsiger, at nuværende atomkraftteknologi giver en øget energiafhængighed eller styrker forsyningssikkerheden. Ud af de 31 atomreaktorer, der er begyndt at blive opført rundt omkring i verden siden 2017, er det kun fire, der ikke er af russisk eller kinesisk design. Derudover sidder russiske selskaber på en stor andel af produktionen af uranbrændsel.

03 Vores kontekst er Danmark - og de næste 8 år

Atomkraft kan diskuteres, vendes og drejes ud fra mange forskellige parametre. Snakker vi om opførelsen af nye atomkraftværker eller levetidsforlængelsen af eksisterende værker? Snakker vi om den nuværende, tilgængelige teknologi eller mulige atomkraftløsninger, der endnu ikke er klar til kommerciel udrulning? Snakker vi om en tidshorisont, der hedder 2030 eller 2050? Snakker vi Danmark, Europa, Kina eller hele verden? Det er naturligvis gavnligt for diskussionen, hvis forudsætningerne er tydeliggjorte.

Selvom meget i dette tema kommer ind på forhold uden for Danmarks grænser, så er det hovedsageligt spørgsmålet om, hvorvidt indførelse af atomkraft i Danmark er en god ide, der er i fokus.

Derudover har temaet fokus på en relativ kort tidshorisont, dvs. frem mod 2030. Det skyldes, at vi i Danmark har en klimalov, hvori det fremgår, at vi skal reducere udledningen af drivhusgasser med 50-54 procent i 2025 og med 70 procent i 2030. Begge dele i forhold til niveauet i 1990.

Men det skyldes i endnu højere grad, at vi er ved at miste kontrollen med klimakrisen. Siden den industrielle tidsalder startede har verden oplevet en gennemsnitlig temperaturstigning på omkring 1,1°C. Konsekvenserne mærker vi allerede overalt på kloden, men det vil blive endnu værre i fremtiden, hvis der ikke reageres meget hurtigt. Ifølge Paris-aftalen skal den gennemsnitlige globale temperaturstigning holdes godt under 2 °C og helst så tæt på 1,5 °C som overhovedet muligt.

Skal dette lykkes, så fastslår FN, at udledningen af drivhusgasser skal falde øjeblikkeligt og drastisk. I 2030 skal verden have reduceret udledningen med 55 pct. i forhold til niveauet i 1990, hvis 1,5-graders målet skal nås.

Den tidslinje - otte år - stiller enorme krav. Både til os som samfund og til vores måde at forbruge på, men også til udrulningen af de teknologier, der skal erstatte kul, olie, gas og ubæredygtig biomasse.

Størstedelen af den globale CO₂-udledning kommer fra vores varme- og elektricitetsproduktion (mere end 40 procent ifølge Det Internationale Energiagentur), og derfor skal der findes store reduktioner netop her.

Derudover står verden overfor en stigende efterspørgsel på strøm, da vi hurtigt skal i gang med en elektrificering af vores samfund (elbiler, varmepumper, osv.). Da atomkraft langt overvejende benyttes til at producere strøm, er det naturligvis nærliggende at efterprøve, om atomkraft kan erstatte de fossile brændsler i strømproduktionen, som verden stadig er dybt afhængige af.

Udledningen af drivhusgasser skal falde øjeblikkeligt og drastisk.

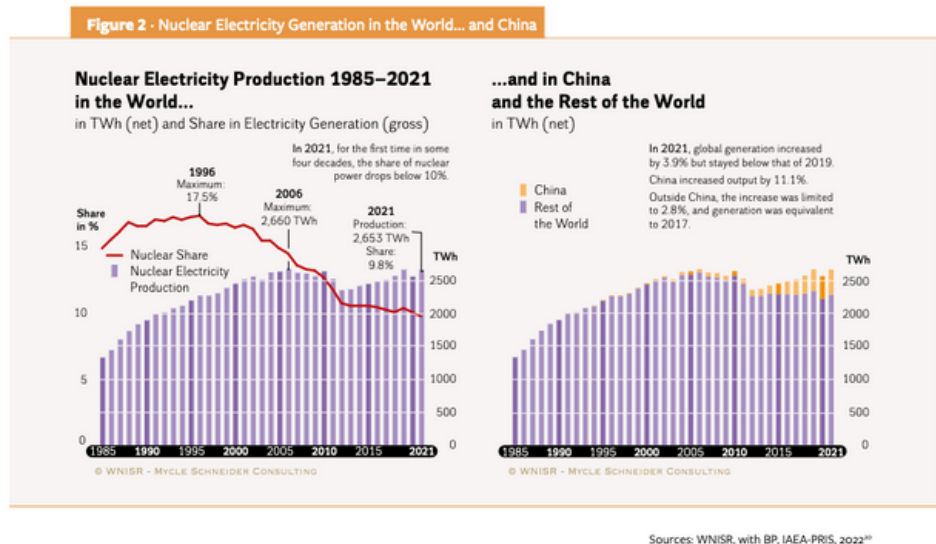
55%

reduktion inden 2030, hvis 1,5-graders målet skal nås.

04 Atomkraft i dag

I maj 2023 var der 410 atomreaktorer i drift og 28 reaktorer i et længerevarende driftsstop eller såkaldt "long-term outage". Samlet set bidrog atomkraft med 9,2 procent af verdens elproduktion i 2022, ifølge Embers Global Electricity Review 2023. I 2022 bidrog sol og vind med 12,1 procent af den samlede elproduktion. 2021 var første gang sol og vind leverede mere strøm end atomkraft.

Af verdens totale energiforbrug bidrog atomkraft med 4,3 procent i 2021. Brugen af atomkraft giver i dag kun en global drivhusgas-besparelse på cirka 2 procent.



Figur 1 - Elektricitet produceret fra atomkraft på globalt plan og i Kina. Kilde: The World Nuclear Industry Status Report 2022 (Figure 2).

05 Fem grundproblemer med eksisterende atomkraft

Første problem:

Atomkraft er dyrt

Andet problem:

Atomkraft tager for lang tid

Tredje problem:

Atomkraft er farligt

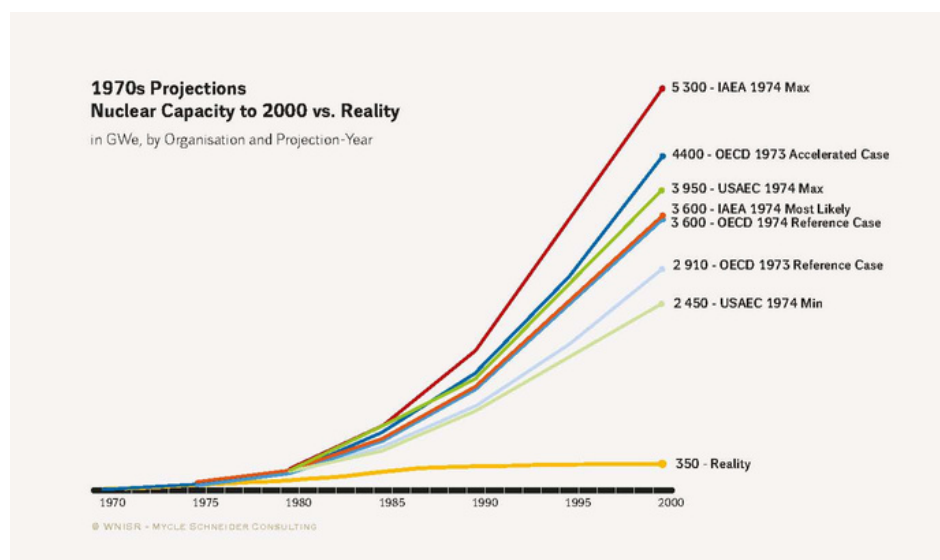
Fjerde problem:

Atomaffald skaber fortsat problemer

Femte problem:

Atomkraft indebærer muligheden for spredning af atomvåben

Trods mange årtiers forskning og udvikling har atomkraftindustrien ikke formået at indfri sine gyldne løfter, og atomkraft har stadig fem helt centrale udfordringer. Hver især bør disse udfordringer give anledning til grundig skepsis, men samlet set leverer de en knusende kritik.



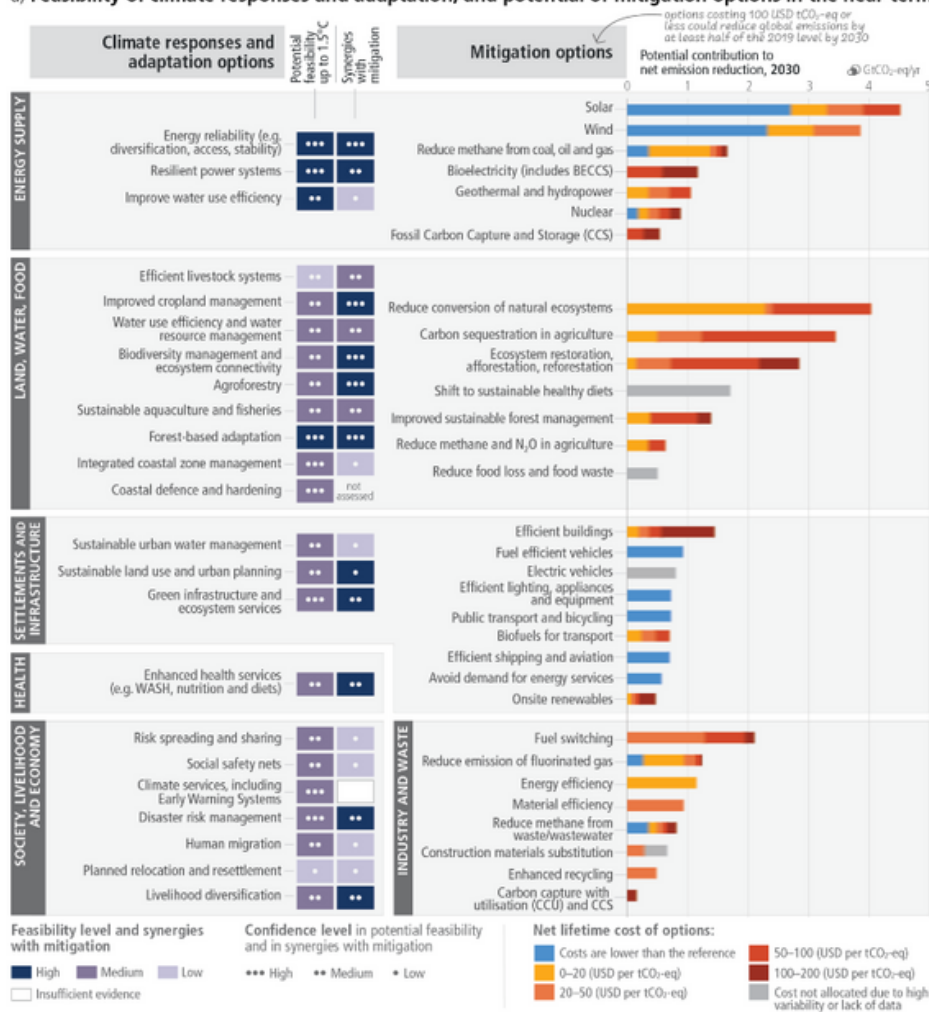
Figur 2 - Gyldne løfter om atomkraft. I begyndelsen af 1970'erne havde forskellige organisationer store forventninger til udbredelsen (i GW) af atomkraft i 2020. Virkeligheden blev dog en helt anden. Kilde: [Nuclear Industry Status Report 2019 \(Figure 2\)](#).

Første problem: **Atomkraft er dyrt**

FN's klimapanels sjette hovedrapport har en opgørelse over forskellige energikilders pris og potentiale på den korte bane, der kan bidrage til at sikre Paris-aftalens målsætning om at holde den globale temperaturstigning så tæt på 1,5 °C som muligt. Heri er både pris og potentiale for sol og vind over atomkraft særdeles tydelig.

There are multiple opportunities for scaling up climate action

a) Feasibility of climate responses and adaptation, and potential of mitigation options in the near-term



Figur 3 - Øverste højre hjørne viser sammenligningen mellem bl.a. atomkraft samt vind og sol vurderet på pris og energikildernes potentiale for CO₂-reduktioner. Kilde: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023, Summary for Policymakers, FIGURE SPM.7, 2023

Når prisen på forskellige energikilder sammenlignes, benyttes ofte en metode kaldet *levelised cost of energy*. I denne metode udregnes prisen for energien på en måde, hvor både selve opførelsen, driften, nedtagningen og andet indgår i beregningerne. De samlede omkostninger sammenholdes med, hvor meget energi der rent faktisk forventes at blive produceret over hele anlæggets (fx et atomkraftværks eller en vindmølleparks) levetid. På den måde er det muligt for investorer og politikere at vurdere energiprojekter, og det er muligt at besvare spørgsmålet: hvad er den billigste energiform?

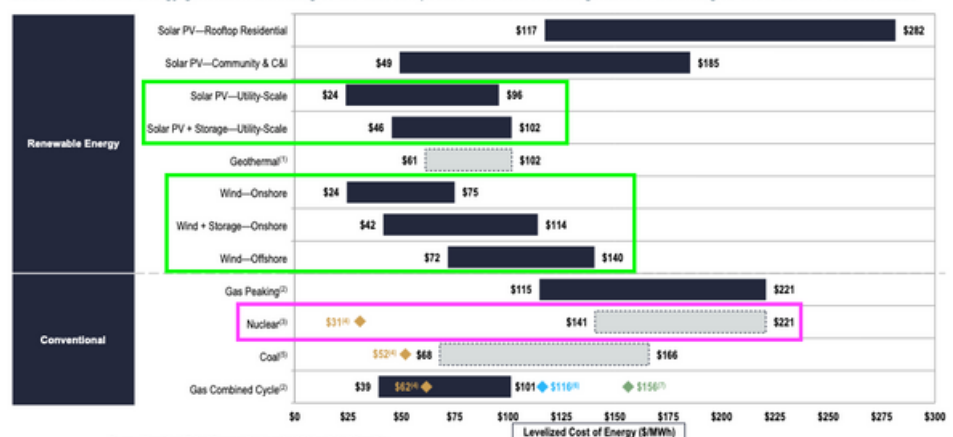
Forskellige institutioner og analyseinstitutter leverer løbende opdaterede rapporter over, hvad prisen på opførelsen af ny elektricitet er. Prisen opgøres ofte i amerikanske dollars pr. megawattime (USD/MWh). Modellerne er komplicerede og baseret på et hav af antagelser, hvilket også kan få de forskellige modellers resultater til at afvige en del fra hinanden.

Overordnet set er opførelsen af ny atomkraft to til tre gange dyrere end sol og vind. Prisen afhænger fx af, hvorvidt der sammenlignes med havvind eller landvind, hvor havvind koster mere end landvind.

I den høje ende finder vi blandt andet analysebureauet Lazard, der i deres analyse (fra april 2023) vurderer prisen på sol og vind til mellem 24-140 USD/MWh og prisen på ny atomkraft til 141-221 USD/MWh. Her finder vi altså atomkraft helt op mod seks gange dyrere end sol, og selv når omkostninger til lagring af elektricitet tages med er sol og vind billigere end ny atomkraft.

Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



Source: Lazard and Roland Berger estimates and publicly available information.
 Note: Items and throughout this presentation, unless otherwise indicated, the analysis assumes 60% debt at an 8% interest rate and 40% equity at a 12% cost. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Cost of Capital" for cost of capital sensitivities.
 (1) Given the limited data set available for new-build geothermal projects, the LCOE presented herein represents Lazard's LCOE v15.0 results adjusted for inflation.
 (2) The fuel cost assumption for Lazard's unsubsidized analysis for gas-fired generation resources is \$3.45/MMBTU for year-over-year comparison purposes. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Fuel Prices" for fuel price sensitivities.
 (3) Given the limited public and/or observable data set available for new-build nuclear projects and the emerging range of new nuclear generation strategies, the LCOE presented herein represents Lazard's LCOE v15.0 results adjusted for inflation (results are based on then-estimated costs of the Vogtle Plant and are U.S.-focused).
 (4) Represents the midpoint of the unsubsidized marginal cost of operating fully depreciated gas combined cycle, coal and nuclear facilities, inclusive of decommissioning costs for nuclear facilities. Analysis assumes that the salvage value for a decommissioned gas combined cycle or coal asset is equivalent to its decommissioning and site restoration costs. Inputs are derived from a benchmark of operating gas combined cycle, coal and nuclear assets across the U.S. Capacity factors, fuel, variable and fixed operating expenses are based on upper- and lower-quartile estimates derived from Lazard's research. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Renewable Energy versus Marginal Cost of Selected Existing Conventional Generation Technologies" for additional details.
 (5) High and incorporates 90% carbon capture and storage (CCS). Does not include cost of transportation and storage. Given the limited public and/or observable data set available for new-build coal projects, the LCOE presented herein represents Lazard's LCOE v15.0 results adjusted for inflation.
 (6) Represents the LCOE of the observed high case gas combined cycle inputs using a 20% blend of "Blue" hydrogen, (i.e., hydrogen produced from a steam-methane reformer, using natural gas as a feedstock, and sequestering the resulting CO₂ in a nearby saline aquifer). No plant modifications are assumed beyond a 2% adjustment to the plant's heat rate. The corresponding fuel cost is \$5.20/MMBTU, assuming ~\$1.65/kg for Blue hydrogen.
 (7) Represents the LCOE of the observed high case gas combined cycle inputs using a 20% blend of "Green" hydrogen, (i.e., hydrogen produced from an electrolyzer powered by a mix of wind and solar generation and stored in a nearby salt cavern). No plant modifications are assumed beyond a 2% adjustment to the plant's heat rate. The corresponding fuel cost is \$10.50/MMBTU, assuming ~\$4.16/kg for Green hydrogen.
 This study has been prepared by Lazard for general informational purposes only, and it is not intended to be, and should not be construed as, financial or other advice. No part of this material may be copied, photocopied or duplicated in any form by any means or redistributed without the prior consent of Lazard.

Figur 4 - Udvalgte teknologiers levelised cost of energy ved forskellige antagelser. Egne fremhævnninger. Kilde: [Lazard LCOE 16.0](#)

I flagskibs-rapporten World Energy Outlook 2022 fra Det Internationale Energiagentur (IEA) er prisen på ny atomkraft i Europa 140 USD/MWh, mens prisen på sol og vind ligger på henholdsvis 60 og 65 USD/MWh.

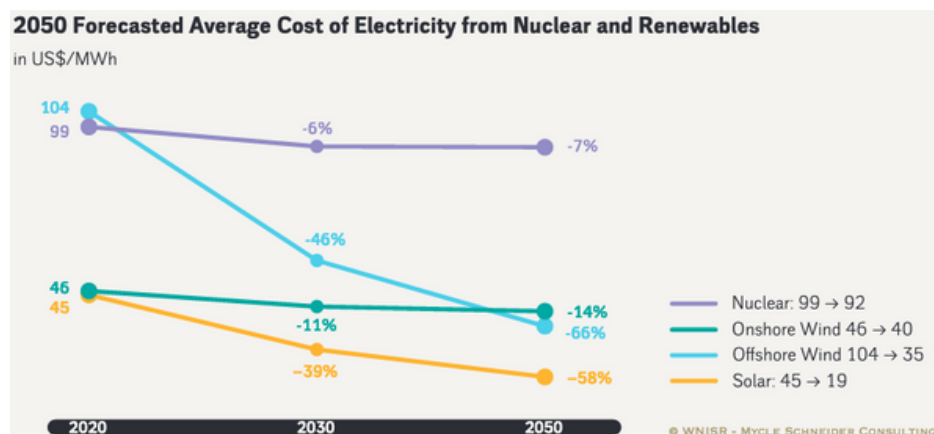
Table B.4a ▶ Technology costs in selected regions in the Stated Policies Scenario

	Capital costs (USD/kW)			Capacity factor (%)			Fuel, CO ₂ , O&M (USD/MWh)			LCOE (USD/MWh)			VALCOE (USD/MWh)		
	2021	2030	2050	2021	2030	2050	2021	2030	2050	2021	2030	2050	2021	2030	2050
United States															
Nuclear	5 000	4 800	4 500	90	90	90	30	30	30	105	100	95	105	100	95
Coal	2 100	2 100	2 100	35	15	n.a.	25	25	25	95	210	n.a.	95	210	n.a.
Gas CCGT	1 000	1 000	1 000	55	40	20	35	40	40	60	70	110	60	70	80
Solar PV	1 090	710	510	21	22	23	10	10	10	50	30	25	60	50	60
Wind onshore	1 380	1 310	1 250	42	43	44	10	10	10	35	30	30	40	40	45
Wind offshore	4 040	2 460	1 820	42	46	49	35	20	15	120	70	50	120	75	60
European Union															
Nuclear	6 600	5 100	4 500	80	80	80	35	35	35	140	120	105	140	120	105
Coal	2 000	2 000	2 000	40	20	n.a.	115	130	140	180	255	n.a.	165	215	n.a.
Gas CCGT	1 000	1 000	1 000	20	10	n.a.	100	120	130	155	270	n.a.	135	220	n.a.
Solar PV	810	530	410	14	14	14	10	10	10	50	35	30	60	80	80
Wind onshore	1 590	1 510	1 450	29	30	30	15	15	15	55	50	45	65	60	60
Wind offshore	3 040	2 000	1 500	51	56	59	15	10	10	60	40	30	60	45	40

Figur 5 - Udvalgte teknologiers value-adjusted levelised cost of energy. Egne fremhævnninger. Kilde: IEA World Energy Output 2022, tabel B.4a.

Ser vi tilbage over det seneste årti, er estimer for levelized cost for sol faldet med 90 procent, vind med 70 procent, mens atomkraft er steget med 33 procent.

Ser vi på, hvad IEA forventer sig af fremtiden i det scenarie, hvor verden bliver CO₂-neutral i 2050, vil prisen i Europa falde for både atomkraft, vind og sol, men i langt mindre grad for atomkraft, der på ingen måde kommer i nærheden af prisen for sol og vind.

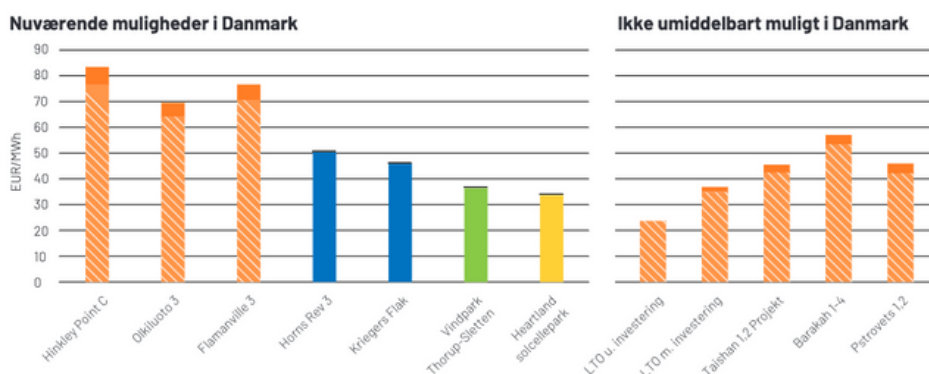


Figur 6 - Forventede prisudvikling for udvalgte energier baseret på IEA's scenarie, hvor den globale CO₂-udledning når nettonul i 2050 (Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector, maj 2021). Kilde: The World Nuclear Industry Status Report 2021 (Figure 45).

I Danmark er der også lavet en opgørelse over prisforskellen på atomkraft og vedvarende energi. Forskere fra Aalborg Universitet, Syddansk Universitet, DTU, Københavns Universitet og Aarhus Universitet konkluderer i dette notat, at prisen på opførelsen af ny atomkraft i Vesteuropa er omkring dobbelt så dyrt som elektricitet fra danske vindmølleparker og solcelleanlæg, og at denne prisforskel vil blive yderligere øget i fremtiden.

Ved at sammenligne konkrete projekter for atomkraft i Vesteuropa med sol- og vindenergi i Danmark, konkluderer notatet, at atomkraft koster 70 til 80 EUR pr. megawatt time produceret over anlæggets levetid. Til sammenligning koster havvind i Danmark omkring 45-50 EUR/MWt svarende til ca. 60% af omkostningerne til et atomkraftværk. For landmøller og solcelleparker er prisen omkring 35 EUR/MWt og dermed under halvdelen af prisen for opførelsen af ny atomkraft.

Realiserede projekter. Realiserede omkostninger til at producere elektricitet, inklusive anlægsomkostninger, drift og vedligehold og brændsel (levelized cost of electricity, LCOE). **Orange** søjler er atomkraftværker, **blå** søjler er havvindmølleparker, **grønne** søjler er landvindmølleparker, og **gul** er solcelleparker. For atomkraft illustrerer hele søjlen omkostningen ved en kapacitetsfaktor på 75%, og **skraveringen** viser omkostningen ved en kapacitetsfaktor på 85%. Den venstre side af figuren illustrerer atomkraftværker bygget i Vesteuropa og danske vedvarende energiprojekter. Den højre side af figuren viser levetidsforlængelse af eksisterende værker (LTO) og værker bygget uden for Vesteuropa (Kina, De Forenede Arabiske Emirater og Hviderusland). Grundlaget for tallene findes i **Afsnit 4**.



Figur 7 - Kilde: [Fakta om atomkraft i Danmark](#), Aalborg Universitet, Version 2, 12. juni 2023.

Notatet fra de danske universiteter er baseret på erfaringer fra opførte energiprojekter. Især konstruktionen og opførelsen af atomreaktorerne Olkiluoto 3 i Finland, Flamanville 3 i Frankrig og Hinkley Point C i Storbritannien har opnået tvivlsom berømmelse med både massive forsinkelser og budgetoverskridelser.

Opførelsen af Olkiluoto 3 begyndte i 2005 efter en planlægningsperiode på fem år og skulle oprindeligt stå færdigt i 2009. Ramt af en række forsinkelser blev værket taget i brug på fuld kapacitet i 2022. Den forventede pris for Olkiluoto 3 var 3,2 milliarder euro, men den endelige pris forventes nu at blive 11 milliarder euro.

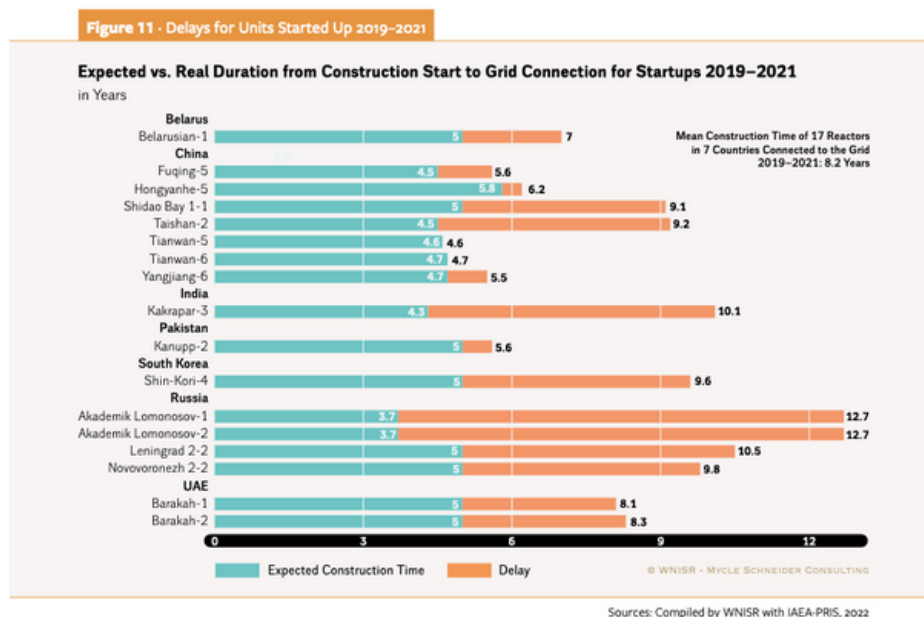
Opførelsen af Flamanville 3 begyndte i 2007 og var oprindeligt forventet færdigt i 2013. Opførelsen er stadig undervejs og anlægget forventes nu at producere strøm i slutningen af 2023. Den forventede pris lød oprindeligt på 3,3 milliarder euro, men er foreløbigt blevet omkring fire gange dyrere med en pris på 12,7 milliarder euro.

Opførelsen af Hinkley Point C begyndte i 2016 efter en planlægningsperiode på 8 år og skulle oprindeligt stå færdigt i 2025. Seneste melding fra selskabet bag opførelsen er, at det nu forventes færdigt i 2027. Det oprindelige prismærke lød på 18 milliarder pund, men seneste forventning lyder på 33 milliarder pund.

Andet problem: **Atomkraft tager for lang tid**

Videnskaben har givet os otte år til at reducere de globale CO2-udledninger med 55 procent. Under afsnittet om prisen på atomkraft kom vi allerede ind på tidsperspektivet, eftersom pris og byggetid hænger nøje sammen, og en række europæiske eksempler viser, hvor vanskelig en størrelse opførelsen af store atomkraftværker er.

Kigger vi nærmere på det globale billede, så er der ligeledes forsinkelser over hele verden. Tager vi udgangspunkt i de 17 atomreaktorer, der blev færdigbygget og koblet på elektricitetsnettet i perioden 2019 - 2021 er konstruktionstiderne overordnet set reduceret. Alligevel var det kun to ud af de 17 reaktorer, der blev opført til tiden.



Note:

Expected construction time is based on grid connection data provided at construction start when available; alternatively, best estimates are used, based on commercial operation, completion, or commissioning information.

Figur 8 - Oversigt over forventet konstruktionstid og realiseret konstruktionstid for de 17 atomreaktorer, der blev tilsluttet elektricitetsnettet mellem 2019 og 2021. Kilde: [The World Nuclear Industry Status Report 2022 \(Figure 11\)](#).

Kigger vi tilbage over det seneste årti (2012-2021) er 62 reaktorer blevet færdigbygget og koblet på nettet med en gennemsnitlig byggetid på 9,2 år. Altså i snit 6,2 pr. år. Over halvdelen af disse reaktorer er opført i Kina.

Scenarier fra [World Nuclear Association](#) og [OECD Nuclear Energy Agency](#) (begge lobbyorganisationer for atomkraft) viser, at en global fordobling af atomkraftkapaciteten i 2050 vil kræve, at 37 store atomreaktorer kobles på elektricitetsnettet hvert år fra nu af og frem til 2050.

I løbet af det sidste årti er maksimalt 10 nye atomreaktorer færdigkonstrueret og koblet på nettet om året. Derudover er der i øjeblikket kun 57 nye reaktorer planlagt eller under opførelse for det næste halvandet årti. Det vil sige en udbygning af nye atomreaktorer på 3,8 om året og med en hastighed, der er 10 gange mindre end de årlige 37.

Construction Times of 62 Units Started-up 2012–2021				
Country	Units	Construction Time (in Years)		
		Mean Time	Minimum	Maximum
China	37	6	4.1	9.2
Russia	9	17.9	8.1	35.1
South Korea	5	6.4	4.2	9.6
India	3	12	10.1	14.2
Pakistan	3	5.6	5.5	5.6
UAE	2	8.2	8.1	8.3
Argentina	1	33.0	33.0	
Belarus	1	7.0	7.0	
U.S.	1	42.8	42.8	
World	62	9.2	4.1	42.8

Sources: Various, compiled by WNISR, 2022

Figur 9 - Opførelsestider fra konstruktionsstart til opstart 2012-2021. Kilde: [The World Nuclear Industry Status Report 2022 \(Table 3\)](#).

I Vesteuropa har Finland i år færdigbygget Olkiluoto 3 20 år efter principbeslutningen i det finske parlament. En anlægsstart i 2005 og dertil 13 års forsinkelse af anlægsfasen. I Frankrig blev Flamanville 3 påbegyndt i 2007 og var forventet færdigt i 2012, men er på nuværende tidspunkt forventet færdigt i 2023. Opførelsen af Hinkley Point C i Storbritannien begyndte i 2016 og var oprindeligt forventet færdigt i 2025, men er nu forsinket til mindst 2027.



Billede 1 - Konstruktionen af Olkiluoto 3 i Finland i 2007. Anlægget blev færdigbygget i 2022 efter 13 års forsinkelse © Greenpeace / Nick Cobbing

Med de bygge- og planlægningsstider er det åbenlyst, hvorfor atomkraft på ingen måde kan erstatte de fossile brændsler i vores elektricitetsproduktion globalt, men naturligvis også i Danmark, frem mod 2030.

Selv hvis vi begyndte opførelsen af atomkraft i Danmark i morgen, så ville byggeriet ikke stå færdigt på denne side af 2030.

For Danmarks vedkommende er der ligeledes det forhold, at vi ikke har lovgivning og regulering på plads og heller ikke har en myndighed med kompetence til at kunne varetage godkendelser og eftersyn.

Derudover skal et atomkraftværk også igennem en planlægningsfase; placeringen af atomkraftværket skal aftales, opførelsen skal sendes i udbud og udarbejdelsen af miljøkonsekvensvurdering, offentlig høring, osv. skal finde sted, inden selve konstruktionen kan gå i gang. De tre værker i Finland, Frankrig og Storbritannien gennemgået ovenfor har haft en planlægningsfase, der i sig selv strækker sig over 5-8 år.

Sidst men ikke mindst er der spørgsmålet om håndteringen af det højradioaktive atomaffald i form af udbrændt uranbrændsel. I Danmark har vi indtil videre ikke været i stand til at finde et egnet sted for slutdeponering af det radioaktive affald fra forsøgsreaktorerne på Risø. Her er der endda kun tale om lav- og mellemaktivt radioaktivt affald fra 3 forsøgsreaktorer på i alt 12 MW. Beslutningen om valg af et egnet sted er foreløbigt udskudt til 2073.

Kort sagt er det særdeles svært at se, hvordan eksisterende atomkraftteknologi kan stå opført på dansk jord indenfor de næste 15-20 års tid, selv hvis alt går nogenlunde glat.

Til sammenligning blev havvindmølleparken Horns Rev 3 og Kriegers Flak politisk besluttet i 2012 og de to parker stod færdige i henholdsvis 2019 og 2021 efter to og tre års anlægstid. Planen om opførelsen af Heartland-solcelleparken (Nordeuropas største solcellepark) blev annonceret i 2019, anlægsfasen startede i 2020 og parken producerede strøm til elektricitetsnettet i slutningen af 2021.

Tredje problem: **Atomkraft er farligt**

Når uran spaltes i en atomreaktor, sker det i en kædereaktion, der frigiver store mængder energi i form af varme. Varmen bruges til at producere damp, der driver en strømproducerende turbine. Kædereaktionen er kontrolleret under normale forhold, men kommer den ud af kontrol, kan det gå galt.

Derfor har alle atomkraftværker rundt omkring i verden en indbygget risiko. Derudover opbevares der store mængder højradioaktivt udbrændt uranbrændsel på atomkraftværkerne. Atomkraftulykkerne på Three Mile Island (1979), Tjernobyl (1986) og Fukushima (2011) er nogle af de værste reaktorulykker, men listen med mindre alvorlige ulykker er længere.

Udsættes vi mennesker for stærk bestråling fra radioaktivt materiale ved sådanne ulykker, så har det alvorlige helbredssekvenser. I de værste tilfælde kan man dø inden for kort tid af såkaldt "strålesyge", men konsekvensen kan også være senskader som kræft og/eller hjertekarsygdomme.

Det er ikke kun den direkte påvirkning fra en atomulykke, der er et problem. Ofte skal et større område evakueres og mennesker vil være nødsaget til at flytte eller tvangsflytte fra området i årevis eller permanent, da det vil være forurenet i mange årtier, mens en dyr og begrænset oprydning er undervejs.

Historien viser altså, at konsekvenserne kan være katastrofale, hvis en ulykke indtræffer. Så selvom risikoen for alvorlige ulykker heldigvis er meget lille, så bør den fortsat veje tungt. Atomkraftværker, der opføres i dag (såkaldte tredjegerationsværker) er forsøgt at gøres mere sikre (det er blandt andet også de høje sikkerhedskrav, der er med til at gøre atomkraft til en dyr energikilde).

Det er ikke kun menneskelige eller tekniske fejl, der udgør en risiko for atomkraftværker. Efter terrorangrebet 11. september 2001, hvor to kaprede passagerfly blev brugt som selvmordsmissiler mod World Trade Centers tvillingetårne, erkendte atomindustrien, at verdens knapt 400 eksisterende reaktorer ikke er konstrueret, så de kan modstå en kollision med større passagerfly.

Senest er vi ligeledes blevet mindet om et andet aspekt af krigens rædsler i Ukraine. Landets 15 atomkraftværker befinder sig i en krigszone og er blevet en aktiv del af krigen. I de første måneder af krigen var der fokus på det nedlukkede Tjernobyl og den lukkede radioaktive zone omkring det (selv her mere end 35 år siden ulykken). Siden udviklede der sig en alvorlig situation ved atomkraftværket Zaporizjzja. Efter atomkraftværket blev alvorligt beskadiget af militære angreb har blandt andre generalsekretæren for Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA), Rafael Grossi, udtalt, at han er "ekstremt bekymret", og at der er en "meget virkelig risiko for en atomkraftulykke, der kan true menneskers helbred både i og uden for Ukraine".

15

atomkraftværker
befinder sig i en
krigszone



Billede 2 - En strålingseksperter fra Greenpeace undersøger forladte russiske positioner vest for det beskadigede Tjernobyl atomkraftværk. Greenpeace-ekspeditionen blev udført i samarbejde med de ukrainske myndigheder i juli 2022. Omkring 600 soldater befandt sig i det forurenede område fra slut februar til slut marts i 2022. © Greenpeace

Fjerde problem: **Atomaffald skaber fortsat problemer**

Knap halvdelen (47 procent) af verdens atomaffald bliver i øjeblikket opbevaret ved eksisterende atomkraftværker. Det højradioaktive materiale opbevares typisk i vandbassiner for at sikre fortsat køling og henfald, mens det afventer en slutdeponering.



Billede 3 - Opbevaret, brugt uranbrændsel har i mere end to årtier lækket radioaktiv tritium og cæsium-137 fra atomkraftværket Wolsong i Sydkorea. © Greenpeace

Det højaktive affald uden plutonium skal slutdeponeres i hundrede til tusinde år.

Det højaktive affald med plutonium – som har en halveringstid på 24.000 år – skal slutdeponeres i op mod 250.000 tusind år.

Det er disse højradoaktive stoffer, som dannes under atomkraftværkets drift, som udgør en risiko ved ulykker, og som efterlader et uløst affaldsproblem for hvert af de lande, som anvender atomkraft.

Design og konstruktion af endelige slutdepoter i dybe geologiske formationer er undervejs i nogle lande, men er ikke færdigkonstruerede endnu. Finland forventes i 2024 - som det første land i verden - at tage et slutdepot til højradoaktivt affald, der er placeret dybt i grundfjeldet, i drift.

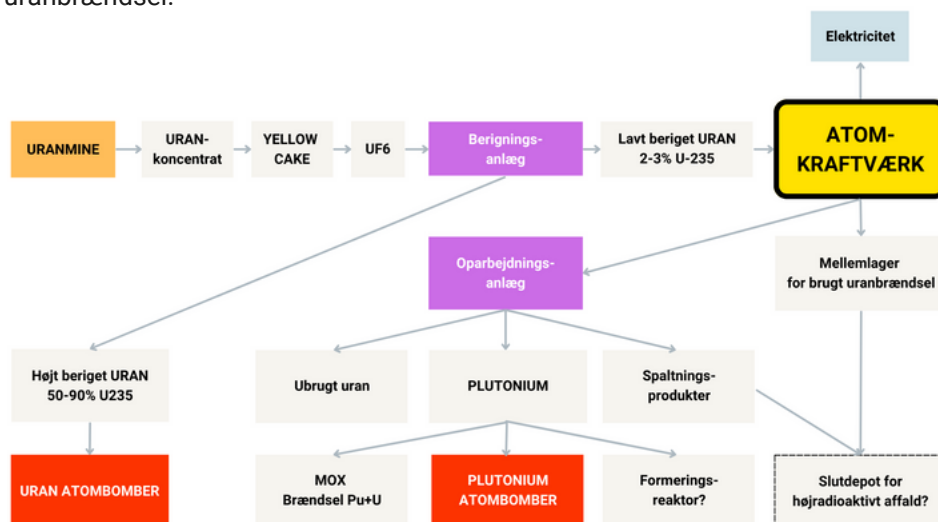
Mere end 60 års kommerciel atomkraft har produceret omkring 400.000 tons højradoaktivt affald, der vil forblive farligt for mennesker og miljøet i en tidsskala, der langt overskrider den menneskelige civilisations tid på jorden. Det er svært at forestille sig en mere ubæredygtig handling, end at nuværende generationer oparbejder og efterlader et problem, der strækker sig så langt ud i fremtiden, når andre energialternativer eksisterer.

Femte problem: **Atomkraft indebærer muligheden for spredning af atomvåben**

Der er en tæt forbindelse mellem fremstilling af atomvåben og uranbrændsel til civil energiproduktion. Det skyldes blandt andet, at de råstoffer der indgår i fremstillingen af uranbrændsel til atomkraft samt affaldet fra atomreaktoren, ligeledes kan benyttes i atomvåben. Jo flere anlæg verden opfører til berigelse af uran, og jo mere atomaffald der produceres, jo mere vil det alt andet lige øge mulighederne for fremstilling og spredning af atomvåben.

Atombomber kan være lavet med både uran og plutonium, men også med uran-231 fra thorium-kredsløbet. De to atombomber kastet over Japan i 1945 var henholdsvis en uran-atombombe over Hiroshima og en plutonium-atombombe over Nagasaki.

Diagrammet nedenfor viser den såkaldte brændselskæde for uran og samtidig den tætte forbindelse mellem fremstilling af atomvåben og uranbrændsel til den civile energiproduktion. Enten ved yderligere berigelse af uran i et berigelsesanlæg eller fra plutonium som et biprodukt af oparbejdet brugt uranbrændsel.



Figur 10 - Brændselskæde for uran. Kilde: Greenpeace.

Den militære – og oprindelige – årsag til etableringen af denne uran-brændselskæde består i enten at berige Uran-235 med over 50%, så det bliver egnet til at lave en uran-atombombe (jf. problematikken omkring Iran), eller ved at fremstille en atombombe med plutonium fra oparbejdelsen af brugt uranbrændsel.

4 kg Uran-235 er nok til en uran-atombombe. For en plutonium-atombombe er 8 kg plutonium nok. Plutonium fremstilles ved at oparbejde brugt uranbrændsel og udskille den spaltbare Pu-239, som så kan bruges til at lave en plutonium-atombombe (fx Nordkorea). I en mellemstor (1.000 MW) reaktor dannes der årligt omkring 400 kg plutonium.

Det er de spaltbare stoffer – uran-235 og Pu-239 – som indgår i atomvåben i de 9 lande, der i dag har atomvåben (USA, Rusland, Kina, Storbritannien, Frankrig og Indien som erklærede atomvåben-lande, samt Pakistan, Israel og Nordkorea, der formodes at have atomvåben). Derudover er det de samme stoffer i mulige atomvåben, der kunne tænkes at blive fremstillet i fremtiden i yderligere lande (fx Iran eller Japan). Det er udbredelsen af berigningsanlæg og oparbejdningsanlæg, hvor plutonium udskilles af udbrændte uranbrændsel, der blandt andet udgør risikoen for spredning af atomvåben.

06 Seks argumenter om vedvarende energi og atomkraft

En række argumenter eller deciderede myter florerer i debatten om, hvorfor Danmark bør opføre atomkraft. Dem er det værd at kigge nærmere på. Her gennemgår vi seks af dem, der oftest fremføres.

Første argument:

Vi får kun strøm fra sol og vind, når solen skinner og vinden blæser, mens atomkraft er en stabil energikilde

Andet argument:

Der er behov for atomkraft - vedvarende energi kan ikke klare det alene

Tredje argument:

Danmarks skal plastres til med sol og vind for at opfylde vores behov

Fjerde argument:

Vindmøller og solpaneler går ud over natur og biodiversitet

Femte argument:

Atomkraft er lig med forsynings-sikkerhed og energiuafhængighed

Sjette argument:

Ny atomkraft-teknologi løser problemerne

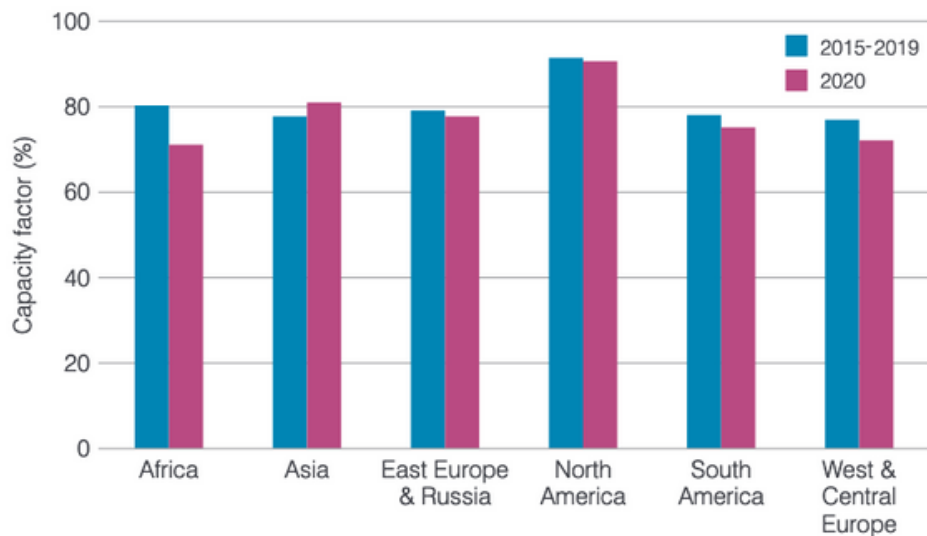
Første argument: Vi får kun strøm fra sol og vind, når solen skinner og vinden blæser, mens atomkraft er en stabil energikilde

Det er nok det argument, som fortalere for ny atomkraft bruger allermost i debatten. Og der er noget om snakken. Solpaneler producerer ikke strøm om natten, og vindmøllerne producerer ikke strøm, når det er vindstille. Med sol og vind er der derfor behov for fleksibilitet - fx lagringsmuligheder (batterier af forskellig slags), udveksling af el (fx fra områder med mere sol/vind eller skandinavisk vandkraft samt andre produktionsmetoder (fx el fra gasturbiner kørt på biogas) og backups - til de tidspunkter, hvor vind og sol ikke slår til alene.

Men, og det er faktisk et ganske stort men, atomkraft har også brug for backup. Atomkraftværker producerer nemlig heller ikke strøm for fuld kraft døgnet rundt. Det er der ingen kraftværker, der gør.

Moderne drift af elektricitetsnettet kræver, at vi kan håndtere udsving i produktionen af elektricitet samt skiftende efterspørgsel fra forbrugerne. At inputtet af vedvarende energi øges, ændrer ikke på det grundvilkår, selvom måderne vi håndterer variationer og usikkerheder på forandrer sig. I dag er

diversitet og fleksibilitet foretrukket fremfor det mere stabile og mindre fleksible (*baseload* eller *grundlast*). Det er i dag det foretrukne energimix, fordi et bredt udvalg af vedvarende energikilder hverken går ned i samme omfang, lige så langvarigt eller lige så uforudsigeligt som store kraftværker.



Source: World Nuclear Association, IAEA PRIS

Figur 10 - Kapacitetsfaktor fordelt på regioner. Kilde: World Nuclear Performance Report 2021 (figure 6).

IAEA oplyser, at den gennemsnitlige kapacitetsfaktor på globalt plan for atomkraft er på ca. 85 procent. Zoomer vi ind på Europa, så viser grafen ovenfor, at atomkraft i Europa har en kapacitetsfaktor på omkring 75 procent. Det vil sige, at et europæisk atomkraftværk i gennemsnit leverer tre fjerdedele af værkets teoretiske, maksimale output. Sol, landvind og havvind i Danmark har kapacitetsfaktorer på henholdsvis 12, 25 og 50 procent.

Årsagerne til, at atomkraft må sænke eller helt stoppe strømproduktionen kan være forskellige.

I den mere håndterbare ende af skalaen kan vi placere de forudsigelige og enkle årsager som planlagt vedligehold eller indsættelse af nyt uranbrændsel. I den anden ende af skalaen er de uforudsete og langt mere vanskelige årsager, som fx ekstremt vejr, sikkerhedsmæssige stop på grund af tekniske fejl eller krig (Ukraine).

Klimaforandringerne har senest vist sig som en ny udfordring for stabiliteten. I løbet af det seneste årti har atomkraftværker oplevet syv gange flere forstyrrelser fra klima- og vejrforhold.

I 2022 kom et atomkraftværk i Kina i drift igen, efter at have været lukket ned i et helt år. I Sverige måtte Vattenfall lukke en af deres reaktorer i august 2022 for at udføre reparationer, og det lykkedes først at opstarte reaktoren igen i april 2023 efter flere forsinkelser. Finland har vist sig som ganske stabil, mens Frankrig modsat har vist sig som et særlig grelt eksempel med hensyn til driftstabilitet.

I løbet af de 365 dage i 2019 havde hver af de 58 franske atomreaktorer i gennemsnit 96,2 dage, hvor de ikke producerede strøm. I 2020 steg det tal til 115,5 dage og bragte således fransk strømproduktion fra atomkraft ned på mindre end 65 procent af den kapacitetsmæssige formåen. Rent faktisk blev

I 2020 havde
franske
atomreaktorer i
gennemsnit
115,5
dage, hvor de ikke
producerede strøm.

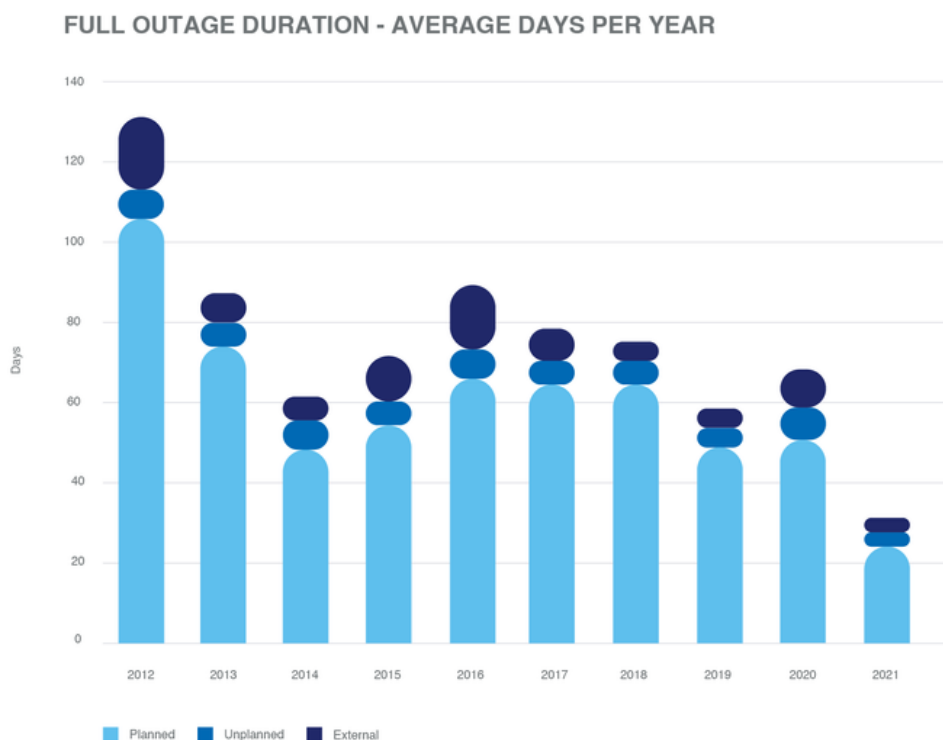
atomkraft i Frankrig i 2020 den mest irregulære kilde til elektricitet. I 2021 faldt tallet til 103,75 dage, og samtlige af de 56 reaktorer havde lukkedage i det år (fra 9 til 272 dage). Mindst syv reaktorer var lukket ned samtidigt hver dag i løbet af året.

I 2022 blev situationen kraftigt forværret. I løbet af sommeren blev Frankrig nødt til at sænke produktionen på nogle af landets atomkraftværker på grund af de ekstreme temperaturer. Høje vandtemperaturer i floderne Rhone og Garonne tvang produktionen ned på de atomkraftværker, der på grund af behovet for vand til køling er placeret ved floderne.

De høje temperaturer falder i Frankrig uheldigt sammen med et stort behov for omfattende vedligeholdelse af landets atomkraftværker. Hele 28 værker ud af landets nuværende 56 værker er lukket ned. I sommeren 2022 leverede fransk atomkraft derfor kun omkring halvdelen af det forventede output.

Ved udgangen af december 2022 var fortsat 15 værker ude af drift. For 12 af de værker, der er under renovering, frygtes det, at renoveringen kan tage flere år.

Det statsejede franske atomkraftselskab EDF rapporterede, at den totale franske produktion i 2022 faldt til 279 TWh. Det laveste niveau i mere end tre årtier.



Figur 11 - Oversigt over gennemsnitlig antal dage uden produktion på verdens atomkraftværker. Kilde: IAEA.

Ingen af vores energikilder er således perfekte. Sol og vind er mere fluktuerende og har en lavere kapacitetsfaktor end atomkraft (der til gengæld er mindre fleksibel), men atomkraft har unægteligt også et behov for andre energikilder som backup.

Store atomkraftværker er heller ikke velegnede til at supplere vind og sol (som spids- og reservelast), da atomkraftværker af både sikkerhedsmæssige og økonomiske grunde ikke løbende kan reguleres op og ned i det nødvendige

I tempo. Grundet de meget høje anlægsudgifter for atomkraftværker er økonomien i atomkraft afhængig af, at reaktorerne er mest muligt i drift og fungerer som grundlast i energisystemet. Det bringer atomkraft i direkte konflikt med især vindenergi.

Den samme overordnede konklusion, kommer Klimarådet frem til i deres analyse af udfordringerne for dansk elforsyning frem mod 2040.

Stabilitet i elforsyningen kan sikres både i energisystemer med atomkraft og i systemer baseret på ren vedvarende energi. Ny dansk forskning konkluderer blandt andet, at:

“Samlet set vurderer Klimarådet ikke, at atomkraft er en nødvendig eller forventeligt en økonomisk attraktiv løsning til at sikre elforsyningssikkerheden og omstille den danske elforsyning.”

Forskerne peger blandt andet på Bornholm som et eksempel, der i en årrække har været forsynet af 100 procent vedvarende energi.

Den samme overordnede konklusion, kommer Klimarådet frem til i deres analyse af udfordringerne for dansk elforsyning frem mod 2040.

Andet argument: **Der er behov for atomkraft - vedvarende energi kan ikke klare det alene**

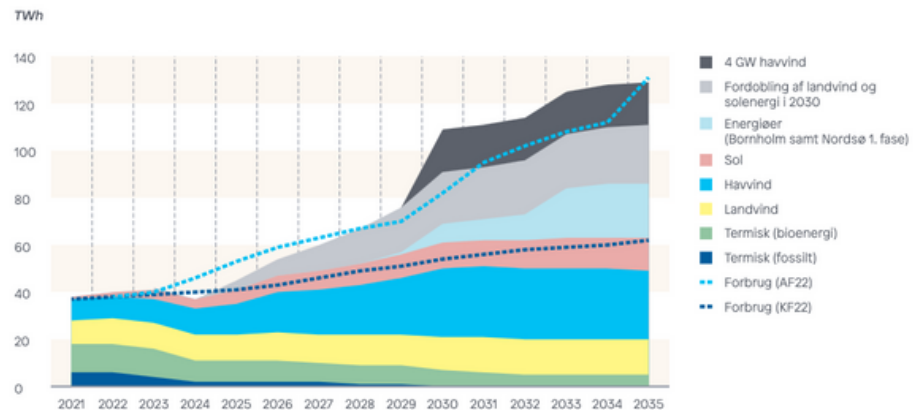
Den vedvarende energi slår slet ikke til, og i Danmark kan vi kun kalde os grønne på grund af den høje mængde biomasse i vores energisystem. Derfor er der behov for atomkraft, hvis vi skal have en ægte grøn energiproduktion i Danmark.

Dette argument for at sige ja tak til atomkraft fremføres ofte, og der er bestemt noget om snakken. Men det er ofte en sammenblanding af forskellige ting, som vi er nødt til at holde adskilt.

Danmarks forbrug af ubæredygtig biomasse er et problem, og derfor skal det udfases hurtigst muligt. Afbrændingen af biomasse bruges både til varme- og strømproduktion. Uden at gå mere ind i diskussionen om varmeproduktion her, så er det muligt at omlægge vores varmeproduktion til geotermi og varmepumper samt koble den omlægning med øget energieffektivisering – frem for at erstatte biomassen med atomkraft.

Ser vi nærmere på strømproduktionen, så har Danmark et problem frem mod 2028. Vi er ikke i stand til at producere den strøm, som vi selv skal forbruge. Set over et helt år er Danmark nettoimportør af strøm, og sådan vil det fortsætte de næste år. At vi kan importere og eksportere strøm til og fra andre lande er i sig selv godt, da det giver fleksibilitet, men det synes rimeligt at kræve, at vi overordnet set er i stand til at forsyne os selv. Derudover vil vores strømforbrug stige kraftigt som resultat af øget elektrificering (elbiler, PtX, osv.). Den danske elforsyning står derfor overfor en række udfordringer over de næste årtier.

I Klimarådets Statusrapport 2023 finder vi denne brugbare opgørelse over den danske strømproduktion, og hvordan den ser ud i fremtiden.



Figur 4.2 Produktion og forbrug af strøm frem mod 2035

Anmærkning 1: KF22 er en forkortelse af Klimastatus og -fremskrivning 2022, og AF22 er en forkortelse af Analyseforudsætninger til Energinet 2022.

Anmærkning 2: KF22 indeholder ikke ambitionerne om 4 GW havvind senest i 2030 og fordoblingen af landvind og solenergi frem mod 2030, sammenlignet med niveauet i KF22. Indfasningen af den øgede landvind og solenergi er derfor baseret på AF22. De 4 GW havvind er antaget først at komme i drift i 2030.

Anmærkning 3: Energiøerne indgår ikke i KF22's grundscenarie, men de indgår i et følsomhedsscenario. Indfasningsprofilen i figuren er baseret på dette scenarie. I scenariet er det kun antaget, at første fase af energiøen i Nordsøen kommer i drift inden for den tidshorisont, figuren viser.

Kilder: Energistyrelsen, Klimastatus og -fremskrivning 2022, 2022; Energistyrelsen, Analyseforudsætninger til Energinet 2022, 2022.

Figur 13 - Kilde: Klimarådets Statusrapport 2023 (figur 4.2).

Figuren viser, at der i årene frem mod 2028 er et "underskud" af strømproduktion i forhold til forbrug. De mange politiske aftaler om udbygning af vedvarende energi vil i den sidste halvdel af 2020'erne resultere i en markant øget produktion af dansk strøm.

Præcis hvornår Danmark bliver selvforsynende med el afhænger af, hvor hurtigt den nye sol og vind opføres, men der vil fra 2030 være nok vedvarende energi til os selv, og atomkraft vil under alle omstændigheder ikke være i stand til at gøre det hurtigere (se ovenfor).

På den længere bane kommer især udbygningen af havvind til at spille en afgørende rolle. Den 30. maj 2023 indgik regeringen, SF, Liberal Alliance, Det Konservative Folkeparti, Enhedslisten, Radikale Venstre, Dansk Folkeparti og Alternativet en aftale om udbudsbetingelserne på yderligere 9 GW havvind med potentiale for op til 14 GW. Hvor hurtigt og hvor stor en andel af de mindst 9 GW havvind, der vil blive ansøgt om at opføre, er naturligvis ikke til at sige, men både Dansk Industri og Green Power Denmark har taget godt imod aftalen.

Mangedoblingen af Danmarks forventede elforbrug og den store udbygning af sol og vind, giver en række udfordringer for den danske elforsyning. Klimarådet har i en analyse fra maj 2023 set nærmere på den udfordring, herunder med en analyse af atomkraft som mulig løsning. Heller ikke Klimarådet finder, at atomkraft er en attraktiv løsning:

"Samlet set vurderer Klimarådet ikke, at atomkraft er en nødvendig eller forventeligt en økonomisk attraktiv løsning til at sikre elforsyningssikkerheden og omstille den danske elforsyning."

Tredje argument: **Danmarks skal plastres til med sol og vind for at opfylde vores behov**

Et af de andre argumenter, der tit fremføres i favør for atomkraft er, at hvis ikke vi får atomkraft, så bliver det nødvendigt at plastre hele Danmark til med solpaneler og vindmøller.

Der er naturligvis ingen, der benægter, at sol og vind optager plads i landskabet. Men hvor meget?

Danmark har opført 2 GW sol og 4,7 GW landvind (2021), der optager henholdsvis 1.600 og 18.400 hektar. Samlet set svarer det til ca. 28.000 fodboldbaner eller lige knap størrelsen på Møn.

Hvordan vil det se ud i fremtiden, når vi har opført den mængde vedvarende energi, som vi skal bruge? Ud fra de politiske aftaler, der på nuværende tidspunkt er indgået, skal Danmark i 2030 have firedoblet den vedvarende energi på land. Det kunne for eksempel betyde, at Danmark inden 2030 skal finde plads til i alt 20 GW sol og 8,2 GW landvind. Den vedvarende energi på land i 2030 vil med den fordeling udgøre henholdsvis 0,9 og 1,2 procent af vores landbrugsareal – svarende til 38.700 - 51.600 ha.

Her skal det understreges, at arealet for landvindmøller medregner arealet mellem møllerne (hvilket udgør 98 procent af arealet). Det er et areal, der kan benyttes til andre formål, fx landbrug. Derudover er langt det meste sol opstillet som store markanlæg, og her bør der fremover inddrages store eksisterende tagarealer.

Her er det især Aarhus Kommune der viser vejen, efter kommunen har analyseret sig frem til, at 17 km² tagareal er tilgængelig med et potentiale på 1,4 gigawatt, og nu har stiftet et nyt kommunalt klimaselskab.

En ting er naturligvis det areal, som solpaneler og vindmøller optager. Derudover er der det, vi kan kalde en visuel og lydmæssig forstyrrelse, der går ud over det fysiske areal. Det skal naturligvis tages seriøst, men uanset synes det ikke rimeligt at kalde det for en tilplastring af Danmark i vindmøller og solpaneler.

Fjerde argument: **Vindmøller og solpaneler går ud over natur og biodiversitet**

Der er forskel på, hvor en vindmølle eller et solpanel placeres. Der er gode steder, og der er dårlige steder. Sårbar natur og beskyttede områder er naturligvis ikke egnede til opstilling, og det er heller ikke nødvendigt.

Med de allerede vedtagne politiske aftaler vil sol og vind på land i 2030 kun optage henholdsvis 0,9 og 1,2 procent af vores eksisterende landbrugsareal (se ovenfor). Da vi af andre hensyn til både klima og miljø bliver nødt til at reducere husdyrproduktionen i landbruget, vil vi i den forbindelse få frigivet store landbrugsarealer, hvor der i dag dyrkes foder til dyr. Omlægningen af landbruget vil ikke bare frigive plads til mere skov og natur, men også sol og vindmøller.

Derudover er 30 procent af havarealet udlagt til vedvarende energi og energigør i Danmarks nye havplan. Samtidig skal 30 procent af havarealet udgøre beskyttede områder i 2030, men her er det i høj grad hensynet til fiskeri med bundslæbende redskaber samt landbruget, og ikke vedvarende energi, der udgør et problem.

Femte argument: **Atomkraft er lig med forsyningssikkerhed og energiafhængighed**

Der bliver ofte peget på opførelsen af ny atomkraft som løsningen på Danmarks og Europas afhængighed af russisk energi.

Det er naturligvis vigtigt, at Danmark og Europa får frigjort sig fra russisk energi af hensyn til vores energi-uafhængighed og sikkerhedspolitik, men det er samtidigt vigtigt, at vi i den forbindelse ikke blot skifter til energikilder fra andre eller endda samme tvivlsomme regimer.

I iveren efter ny atomkraft er det ofte en overset faktor, at ud af de 31 atomkraftreaktorer, der er begyndt at blive opført rundt omkring i verden siden 2017, er det kun fire, der ikke er af russisk eller kinesisk design.

I maj 2022 trak det finske konsortium Fennovoima da også stikket på en kontrakt med russiske Rosatom på opførelsen af en nyt atomkraftværk med direkte henvisning til Ruslands krig i Ukraine.

Det efterlader et ret centralt spørgsmål. For hvis uafhængighed fra bl.a. Rusland er en bunden opgave, og det bl.a. skal ske med kraftig udbygning af ny atomkraft, hvem skal så bygge det?

Derudover er der spørgsmålet om forsyningssikkerheden af uranbrændsel til atomkraftværkerne. 20 procent af EU's import af uran kommer fra Rusland. Derudover er Rusland en stor spiller, når det kommer til den forarbejdning og berigelse af uran, der kræves, før uranbrændsel, som er gravet ud af jorden, kan indsættes i et atomkraftværks reaktorer.

Ifølge IEA leverer Rusland (gennem Rosatom-datterselskabet TVEL) brændsel direkte til 73 reaktorer af russisk design (VVER) i og uden for Rusland, herunder flere i europæiske lande, og udgør således 16 procent af det globale marked. Fx er Ungarn og Slovakiet afhængige af russisk brændsel for halvdelen af deres energi, og det er kun Rosatom, der kan levere.

Rusland spiller en endnu større rolle i produktionen af uranbrændsel. På globalt plan er landet ansvarlig for 38 procent af forarbejdningen af uran og sidder på 45 procent af berigningskapaciteten. Euratom estimerer, at Rusland står for henholdsvis 24 og 25 procent af forarbejdningen og berigelsen af uran til EU's atomkraftindustri.

Tal for 2022 viser, at Ruslands atom-eksport efter krigen startede i Ukraine er øget med 20 procent, og at Ruslands indflydelse over importørerne forstærkes mens vestlige lande i store træk har undvejet sanktioner målrettet Rosatom og landets atomindustri.

En anden storeksportør af uran er Kazakhstan, som bl.a. Frankrig importerer uran fra. Da Kazakhstan i 2022 luftede ideen om at øge olieeksporten til EU, svarede Rusland prompte igen og lukkede en central olieterminal. Akkurat som med olie er Kazakhstan afhængige af adgang til russiske havne for eksport af uran. Hvilke risici er der i at være afhængig af import fra denne nabo til Rusland?

I Danmark har vi ingen uran. Grønland har besluttet, at der ikke skal udvindes uran fra Kvanefjeld. Så hvordan sikres Danmarks (og resten af EU for den sags skyld) forsyningssikkerhed med atomkraft? Det lyder unægteligt som en fælde lig den vi stod i under oliekriserne i det sidste århundrede, og den vi befinder os i med gas og olie fra Rusland i dag.

Derudover bør det også overvejes grundigt, hvorvidt store, centrale atomkraftværker (på lige fod med anden kritisk infrastruktur) er særligt sårbare overfor hybrid krigsførelse eller sabotage (fx sprængningerne af gasledningerne Nord Stream 1 og 2).

Sjette argument: **Ny atomkraft-teknologi løser problemerne**

Ny atomkraftteknologi løser de mange udfordringer, som kendetegner eksisterende atomkraft. Derfor er det ikke fair at sammenligne de to, og vi bør satse på den nye teknologi.

Dette argument bliver mere og mere fremtrædende i debatten, og fortjener bestemt et fair svar. Her deler vi svaret op i to: hvad er det, den nye teknologi lover, og hvor langt er udviklingen kommet?

Når vi snakker eksisterende atomkraft er det oftest med en henvisning til det, der kaldes 3. generationsreaktorer. Denne betegnelse dækker over atomkraftværker, der enten er opført eller er under opførelse.

Den nye atomkraft-teknologi omfatter mange ting, og oftest bliver der henvist til den under fællesbetegnelsen 4. generationsreaktorer, *small modular reactors* eller *advanced reactors*. I virkeligheden dækker betegnelserne over mange forskellige typer af teknologi.

I forskellig grad er det et fællestræk, at de lover forbedringer i forhold til udfordringerne med nutidens atomkraft:

- Mere bæredygtighed ved enten at producere meget lidt og mindre radioaktivt affald, eller ligefrem muligheden for at bruge gammelt atomaffald som nyt brændsel.
- Bedre sikkerhed både med hensyn til normal drift, men også ved at kunne modstå nedstyrtende fly, terrorhandling eller naturkatastrofer (tsunamier, jordskælv, osv.).
- Bedre økonomi.
- Undgår at bidrage til spredning af atomvåben eller såkaldte dirty bombs (hvor radioaktivt materiale spredes med almindeligt sprængstof).
- Større driftsikkerhed.



Billede 4 - Det flydende russiske atomkraftværk Akademik Lomonosov passerer under Storebæltsbroen i 2018 på sin vej til den russiske by Pevek. Som et såkaldt *small modular reactor* har atomkraftværket to reaktorer på hver 35MW og blev konstrueret i St. Petersburg. Anlægget blev hyldet som en milepæl og et eksempel på en 4. generationsteknologi, trods at atomkraftværket havde en konstruktionstid på 13 år, blev tilsluttet elektricitetsnettet 9 år forsent og siden 2020 har produceret på nedsat kraft. © Christian Åslund / Greenpeace

Ét ofte fremhævet eksempel på en 4. generationsteknologi er molten salt reactors (MSR-reaktorer). I stedet for en reaktor, der opererer med vand under højt tryk ved lave temperaturer, benyttes en reaktor med flydende salt tæt på atmosfærisk tryk og under høje temperaturer. Denne teknologi lover på forskellig vis forbedret sikkerhed, økonomi, effektivitet, drifttid, osv.

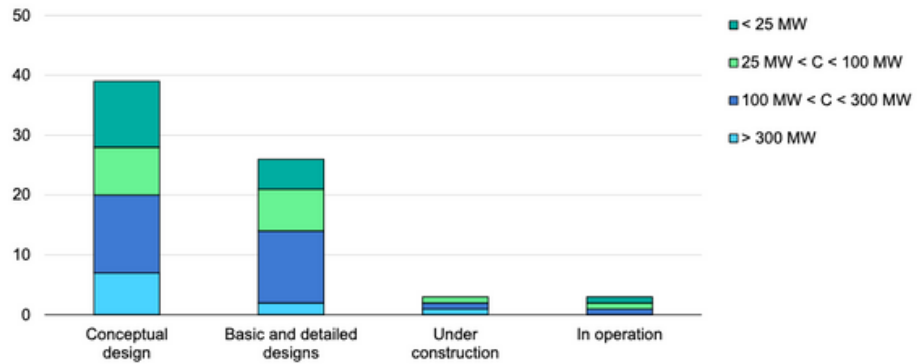
Problemet er, at teknologien ikke eksisterer på et niveau, der på nogen måde gør den klar til udrulning i stor skala.

I 2011 igangsatte Kina et program for udviklingen af en MSR-reaktor. Ti år senere - i august 2021 - fik Shanghai Institute of Applied Physics tilladelse til at starte en 2 MW forsøgsreaktor på thorium og smeltet salt. Det er den eneste MSR-reaktor i verden, der i øjeblikket er i drift. Hvis alt går vel, satser udviklerne på at opstarte en 373 MW reaktor i 2030.

Eller som det Internationale Energiagentur overordnet konkluderer om "advanced reactors" / "small modular reactors" i en rapport fra 2022:

"The variety of designs now in development around the world, of which there are approximately 70, include different underlying technologies, including water, gas, liquid metal or molten salt cooled reactors, as well as different fuel cycles. They vary markedly according to their levels of technology and licensing readiness. None are as yet at the stage of full commercialisation."

Number of small modular reactor projects in the world by status of development



Figur 14 - Antallet af små modulære reaktorer globalt og fordelt på udviklingsstatus. Kilde: [IEA Nuclear Power and Secure Energy Transitions \(s. 83\)](#).

IEA-rapporten, der ellers er positivt stemt overfor den nye teknologi, vil ikke sætte præcise tal på, hvornår og hvor meget vi kan forvente os, men skriver generelt, at:

“... we do expect SMRs to account for an increasing part of new nuclear capacity additions after 2030, on the assumption that continued progress is made in developing and demonstrating the technology, and bringing down costs.”

Det er nogle ganske store hvis'er, og under alle omstændigheder ikke en løsning, der kan bidrage til at halvere verdens CO₂-udslip frem mod 2030.

Hvorvidt nogle af de nye teknologier indenfor atomkraft (4. generationsværker, small modular reactors eller advanced reactors alt efter hvilken betegnelse der foretrækkes), kan blive en bæredygtig og attraktiv energiløsning efter 2030, afhænger naturligvis af, om de er i stand til at levere på deres løfter. Det vil sige, om de kan løse de fem grundlæggende problemer, vi har med atomkraft i dag.

I den sammenhæng er det værd at huske på, at nogle af disse problemer har industrien kæmpet med i over et halvt århundrede. The World Nuclear Industry Report fra 2021 konkluderer således om SMR:

“The amplification of the talk about SMRs and related media coverage over the past year is not reflected by any major industrial achievements on the ground. ... [there is] growing evidence that SMRs, like large reactors, will continue to be subject to delays and cost overruns, and the high likelihood that they would not be economical even under the most favorable circumstances.”

Med andre ord: don't hold your breath.



BRIEFING: ATOMKRAFT - NEJ TAK

Hvorfor atomkraft ikke er løsningen på klimakrisen

Version: Juni 2023

Forside: Atomkraftværket Cattenom, Frankrig.
© Martin Storz / Greenpeace

Kontakt forfatterne

Klima- og energirådgiver
Tarjei Haaland
tarjei.haaland@greenpeace.org

Kampagnechef
Sune Scheller
sune.scheller@greenpeace.org

GREENPEACE