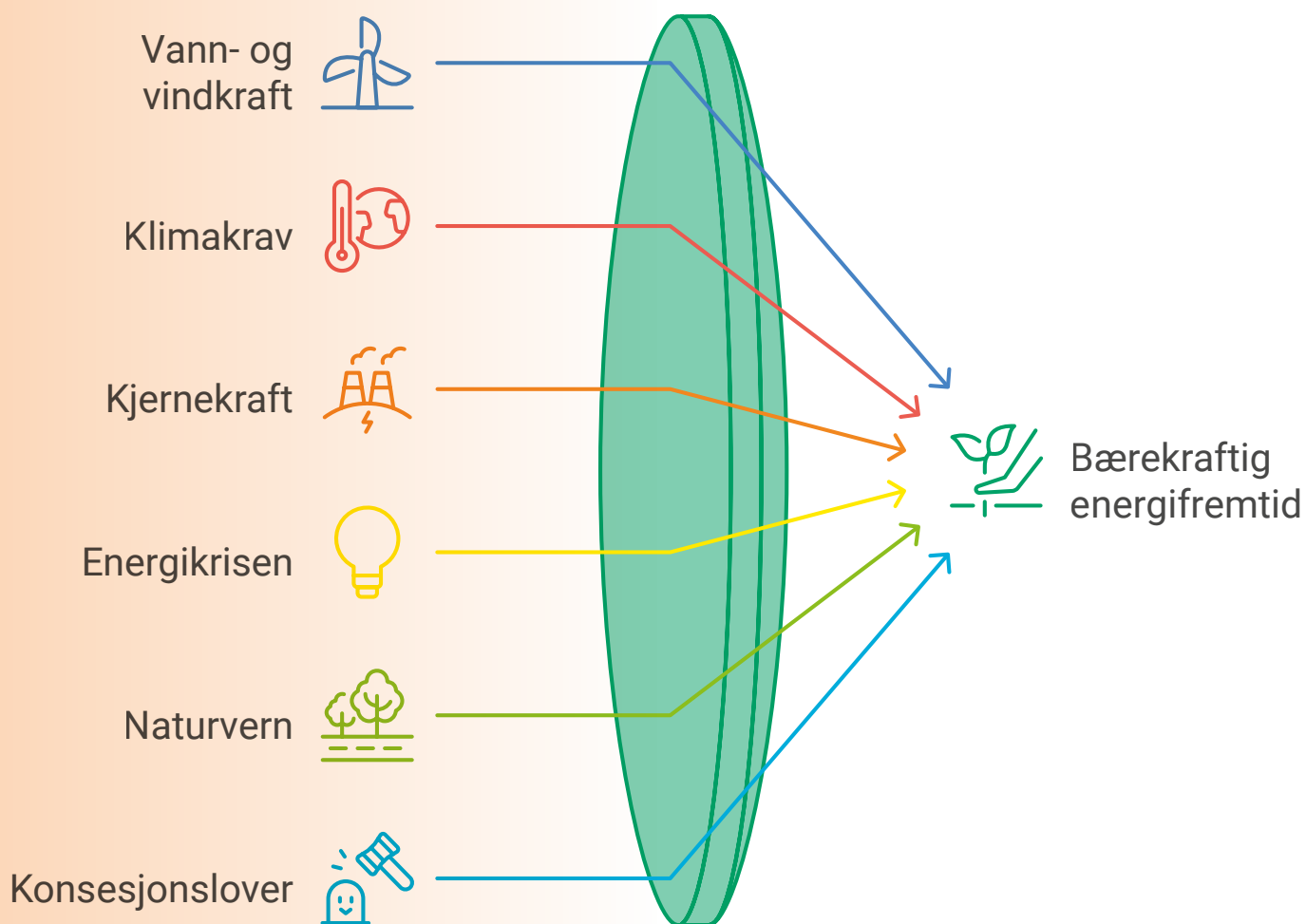
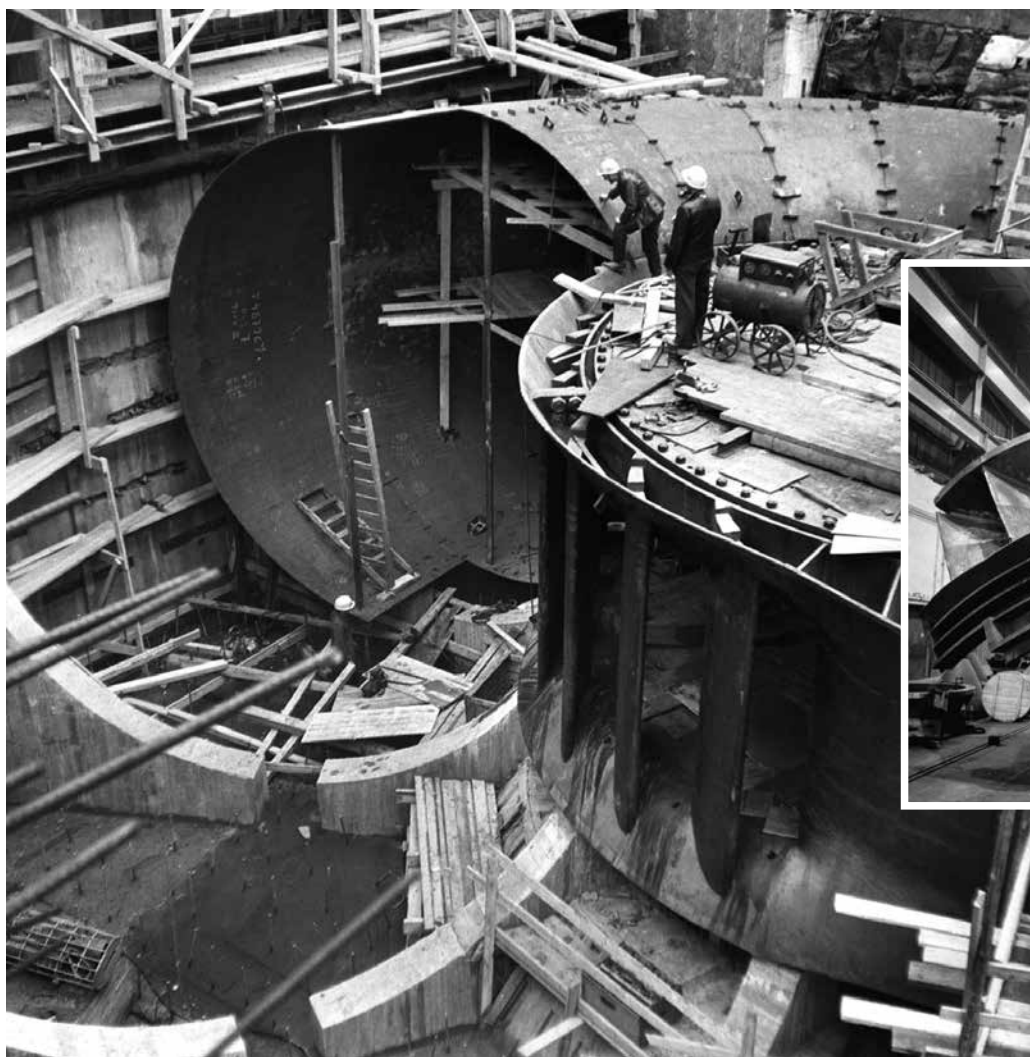


# KJERNEKRAFT:

Norges muligheter i en elektrifisert fremtid

## Veien mot bærekraftig strøm





*Viser de industrielle og kraftproduserende dimensjonene fra byggingen av elvekraftverket i Olidan kraftverk, Trollhättan, Sverige. Ca. 1910–1920. Foto: ukjent.*

Kjernekraft gir en dobbel industriell gevinst: Vi bygger en ny, høyt teknologisk industri for å produsere stabil strøm, og sikrer samtidig energifundamentet som all annen norsk industri er avhengig av. Tekstene er basert på bidragsyteres innhold, men kraftig redigert delvis vha. Kl av redaktørene KMO og UNJ i plassøyemed.

Mer info, invitasjon til medvirkning, kontaktpersoner og forskjellige lenker og rapporter finner du på [kraftfremtid.no](http://kraftfremtid.no)

### **Når kunnskap og naturvern peker i samme retning.**

- KMO forstod at økt andel vindkraft gir mer slitasje på utstyret i vannkraftverkene og naturen i vassdragene. Ble så satt i kontakt med redaksjonen i podkasten Ohms lov, og begynte å formidle kunnskap om strømproduksjon.
- UNJ sine mål er å løse klimakravene for Norge, bygge videre på strømsystemet på mest mulig bærekraftig måte samtidig med at natur og fremtidig velferd er i fokus.

- Martin Hjelmeland og Vala Maria Valsdóttir viste oss mulighetene kjernekraft byr Norge på som industri- nasjon og velferdssamfunn.
- Sara og Jonas K. Nøland sin bok, «Energikrisen og løsningen på den», sementerer helhetsbildet.
- Klimakampen og løsningene på den, er avgjørende for kommende generasjoner, og energitett strømproduksjon er best til å nå klimamålene på lang sikt.
- I bunn ligger vårt engasjement for naturen, vi mener Norge må velge teknologier som bruker minst mulig natur i form av gruvedrift og annen naturnedbygging.
- En videreføring av arven fra Konesjonslovene og Oljeloven må på plass, der staten garanterer at verdiene fra våre felles ressurser kommer hele samfunnet til gode.

*Kjell Magne Opheim, tillitsvalgt EL og IT Rogaland, podkaster (Ohms lov), elektriker og i ledergruppen i KraftFREMtid, heretter «KMO»*

*Ulf Nagel Jæger, medlem i SV og i ledergruppen i KraftFREMtid, heretter «UNJ».*

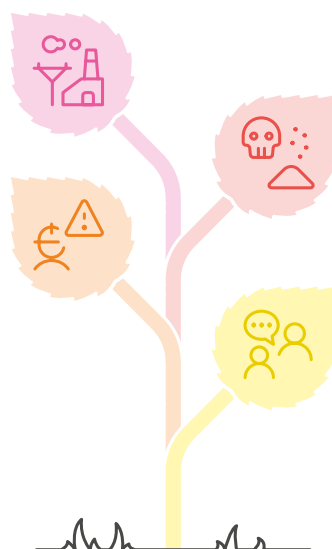
# Innholdsfortegnelse

1. Åpningshilsen fra Østfold SV, grasrota på venstresida. Espen Endal og Ulf Nagel Jæger. ....	4–5
2. Aker Solutions fagforeninger er klare for omstillingen. Arne Christian Rødby. ....	6–7
3. Vår neste industrisatsing. Martin Hjelmeland.....	8–9
4. Hva er egentlig billigst. Utdrag fra kap. 13 i «Energikrisen og løsningen på den», av Sara og Jonas K. Nøland.....	10–11
5. Fakta om ioniserende stråling. Brit Salbu. ....	12–13
6. Fakta om helse og miljøkonsekvenser etter atomulykker. Brit Salbu. ....	14–15
7. Kjernekraft: Arbeidernes energikilde. Vala Valsdottir.....	16–17
8. Kjernekraft på skip, uttalelser fra norske maritime industrimiljøer. KMO og UNJ. ....	18–19
9. Norges tidlige kjernefysiske historie .....	20–21
10. Naturen vs. energiproduksjon, basert på forskning av NORCE med fokus på vassdrag. KMO og UNJ. ....	22–23

## Kjernekraftens rolle i Norges fremtid

**Industriell relevans**  
Kjernekraftens rolle i industrien

**Kostnadsbildet**  
Debatt om kjernekraftens  
økonomiske levedyktighet



**Helse- og miljø**  
Kunnskap om stråling og ulykker

**Mangfoldige perspektiver**  
Ulike stemmer gir et fragmentert  
bilde

# Et felles krafttak for Norges industri- og energifremtid

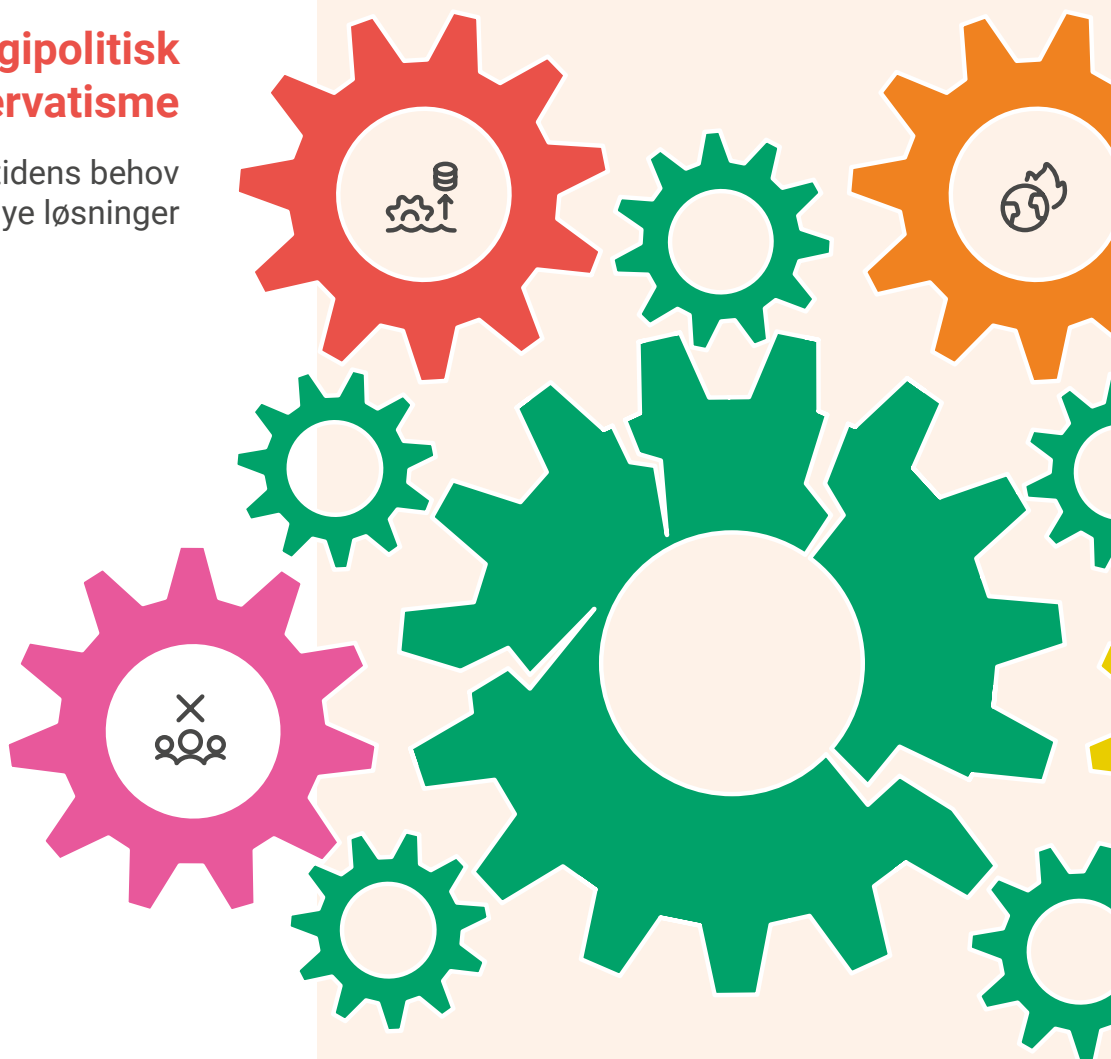
## Norges energifremtid er truet

### Energipolitisk konservatisme

Fremtidens behov  
krever nye løsninger

### Planøkonomisk feilsatsing

Energipolitikk må  
bygges nedenfra



## Kjære kamerater, kjære beslutningstagere

Vårt felles prosjekt har alltid vært å bygge landet. Dere, som utgjør ryggraden i norsk industri, vet bedre enn noen at tilgang på rikelig og forutsigbar kraft er selve grunnmuren i dette arbeidet. Denne grunnmuren er under press. Veivalget vi tar i dag, vil avgjøre om vi lykkes med å sikre arbeidsplasser, skape ny industri og trygge velferden for fremtiden.

### Naturkrise

Klimakrisen kan ikke løses ved å ødelegge naturen

### Press på strømgrunnet

Tilgang på stabil strøm er under press

**Vi står også overfor en naturkrise som er like viktig som klimakrisen. Vi kan ikke bygge oss ut av klimakrisa ved å bygge ned naturen. Vi trenger strømproduksjon som ikke går på bekostning av store naturarealer.**

Vi kan ikke lenger kun lene oss på de kraftkildene vi har. Fremtidens strømbehov krever at vi tør å tenke nytt og stort. Vi trenger en ny, stor leverandør av væruavhengig og pålitelig kraft inn i strømsystemet vårt. En energitett kilde som er arealbesparende og tar vare på den verdifulle naturen vår. Den eneste naturen vi har.

En slik satsing vil ikke bare sikre strømmen vi trenger; den representerer en enorm industriell mulighet. Her har hele fagbevegelsen i en særstilling en hånd på rattet. Fremtidens strømsystem kan og bør bygges med norske hender.

Dette er ikke en oppgave politikere kan løse alene fra et kontor i Oslo eller Brussel. En vellykket energipolitikk må bygges nedenfra, i tett samarbeid med de som har den praktiske kunnskapen. Den må sikre at vi holder de totale systemkostnadene nede og unngår et unødvendig komplekst kraftnett. Den må anerkjenne at strømsystemet er vår viktigste strategiske infrastruktur.

**Derfor strekker vi ut en hånd til dere. SV ønsker å samarbeide tett med fagbevegelsen for å utforme den beste og mest helhetlige politikken. Deres erfaring er avgjørende for å sikre at vi tar de riktige valgene, valg som styrker norsk industri, trykker nasjonal kontroll og bygger en bærekraftig fremtid for generasjonene som kommer etter oss.**

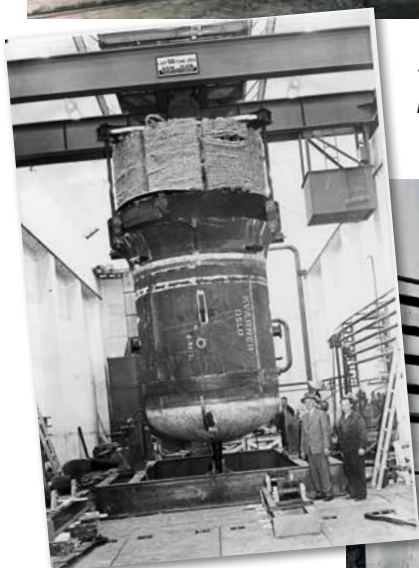
I dette skrevet vil dere finne flere artikler som utdyper disse perspektivene, fra kommunenes rolle til atomsikkerhet og nye maritime muligheter. Vi håper det kan være starten på en felles samtale.

*Med kameratslig hilsen,*

*Espen Christer Endal, sikkerhetsanalytiker i  
Energibransjen og nestleder Østfold SV  
og*

*Ulf Nagel Jæger, fylkesstyremedlem i SV og i ledergruppen i KraftFREMTID.*

# Aker Solutions, en bedrift med nukleær historie



*Tanken heises ned.  
Foto: IFE*

*Når man skulle bygge reaktor i Norge var det fokus på synergier i industrien. Reaktortanken til Haldenreaktoren ble bygget av Kværner Brug AS. Foto: IFE*



*Reaktortanken som heises på plass i Halden. På reaktortanken kan vi se «Kværner» inngravert. Foto: IFE*

- Aker Solutions har en forhistorie innen nukleær teknologi, ettersom Kværner (en del av selskapets arv) blant annet leverte reaktortanken til Halden-reaktoren.
- Relevant kompetanse med bl.a. superlegeringer fra olje-, gass- og vannkraftindustrien som er minst like teknisk/ingeniørmessig krevende som et kjernekraftverk.
- Kan overføre erfaringen med modulbygging fra offshore-prosjekter til kjernekraft.
- Både selskapet og fagforeningene etterlyser politisk vilje til å satse på kjernekraft for å sikre og videreutvikle norsk industrikompetanse i overgangen fra olje og gass.

Når reaktoren i Halden ble påbegynt i 1955 og ferdigstilt i 1958, var Kværner Brug i Lodalen helt sentrale i byggeprosessen sammen med Thune Eureka og Myhrens Værksted. Reaktortanken ble levert av Kværner, mens trykkjele ble levert fra Thunes Mek. Værksted som var spesialister innen lokomotiv og kjeletilvirkning. Denne reaktortanken har bidratt med store mengder forskningsdata og damp til treforedlingsindustrien i Halden.

#### **Kompetanse fra teknisk krevende prosjekter**

Aker Solutions leverer i dag et vidt spekter av løsninger til både kraftbransjen og olje og gass. Dette gjelder for eksempel turbiner til vannkraft og høyteknologiske løsninger til undersjøiske anlegg offshore. Dette er konstruksjoner som ofte er mer utfordrende og komplekse enn et kjernekraftverk. Disse blir bygget på land og levert offshore med millimeterpresisjon.

#### **En nukleær arv**

Kværner og Aker Solutions er tett sammenvevd gjennom flere tiår med industrielle omstruktureringer, så arven fra Oslo og Lodalen kan sies å sitte i veggene til Aker Solutions. Om man spør mange tillitsvalgte i Aker

Solutions om kjernekraft, og om det er et område man nå begynner å se på er ofte svaret at det har man aldri tatt blikket helt vekk fra. For noen tiår siden fantes ikke den materialteknologien som finnes i dag. Man strevde med korrosjonsproblematikk. Aker Solutions satset på kjernekraft på 2000-tallet, men solgte seg ut ettersom den politiske motstanden ble for stor. Norsk industris erfaring med superlegeringer benyttet i olje og gass, er nettopp det dagens aktører innen kjernekraft trenger for morgen dagens kjernekraftverk. Norsk industris erfaring med superlegeringer benyttet i olje og gass, er nettopp det dagens aktører innen kjernekraft trenger for morgendagens kjernekraftverk.

#### **En metode vi mestrer**

I dag ser man nærmere på omstilling fra olje og gass til andre næringer. Aker Solutions kan bygge komponenter til kjernekraftverk i moduler, slik vi gjør i dag med olje og gassinstallasjoner. Disse kan fraktes med skip og monteres på en klargjort tomt. Parallell løp reduserer byggetid og kostnadene. Dette er en mulighet som LO klubbene i Aker Solutions ønsker å gripe, for å ta vare på og videreføre den høyst relevante kompetansen på norske verft, til noe som bygger velstand og samfunn.

#### **En mulighet som må gripes nå**

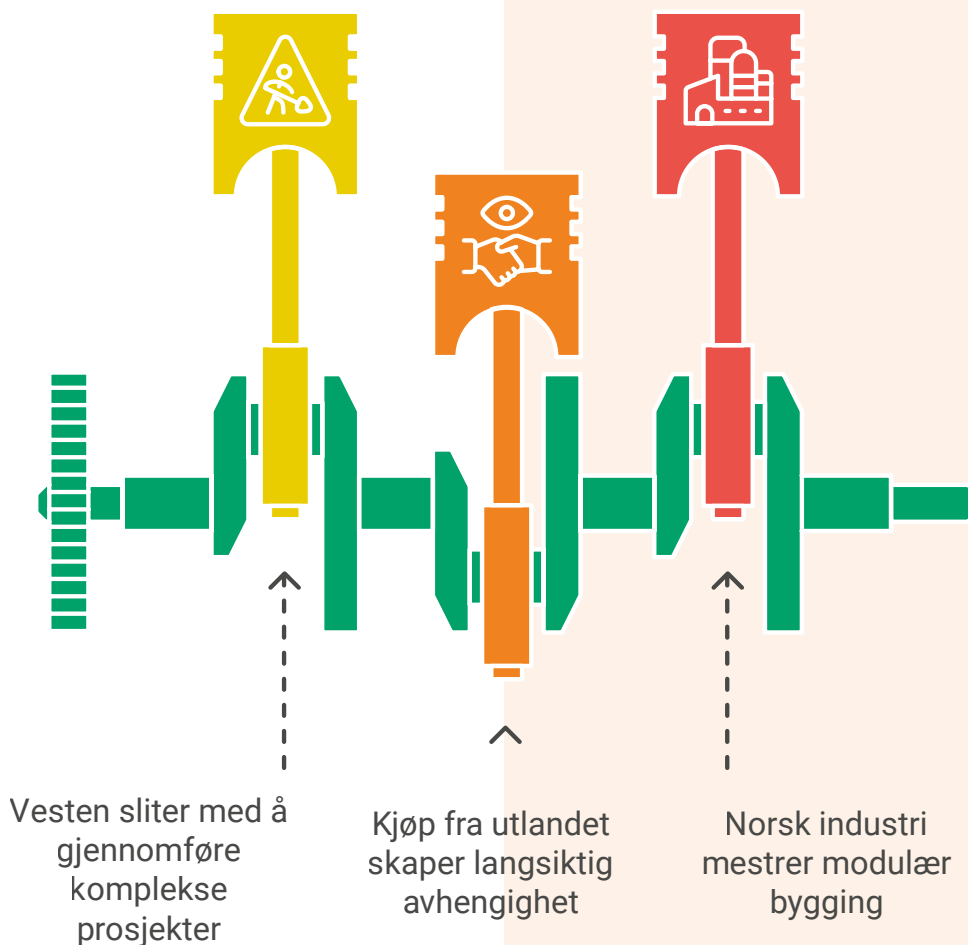
Vi ønsker oss en politisk vilje til å satse og tilrettelegge for denne næringen. Det at det tar tid å gjøre denne omstillingen er en grunn til å komme fort i gang. Norge har en unik kompetanse innen styring av komplekse prosjekter og bruk av superlegerte materialer som gjør at aktører som ønsker å bygge kjernekraft, ser til oss.

*Omtrent 2002. Norske metallarbeidere fra Kværner jobber med presisjonsmåling på skovlhjulet til en av turbinene on-site i nærheten av Three Gorges prosjektet i Kina. Størrelsen på skovlhjulet gir et inntrykk av de enorme roterende massene (inertia) i et vannkraftverk. Foto: Ukjent kilde.*



# Fra oljeplattformer til kjernekraftverk: Vår neste industrisatsing?

## Stort potensiale i norsk kjernekraftindustri



- Vår erfaring fra olje, gass og verft med å gjennomføre store, komplekse prosjekter er akkurat det som trengs for å lykkes med kjernekraft.
- Kjernekraftverk bør bygges med moduler, akkurat som oljeplattformer.
- Nordisk samarbeid gir styrke. Ved å kombinere norsk industrikompetanse med svensk og finsk driftserfaring, kan vi bygge en ny, nordisk industri. Dette bedrer nasjonal og nordisk kontroll og forsyningssikkerhet.

Kjernekraft fremstilles ofte som ukjent teknologi, fjernt fra norsk industrikompetanse. Men ser vi nærmere på teknologien, er det tydelig at den ligger tett opptil vår erfaring fra sokkelen. Norge har et enestående utgangspunkt for å bygge videre på den europeiske kjernekraftindustrien.

### **Gjennomføringsevne trumfer teknologi**

Et kjernekraftverk er i prinsippet en stor vannkoker. Utfordringen i Vesten er ikke selve teknologien, men evnen til å gjennomføre store, komplekse industriprosjekter. I olje- og gassindustrien borer vi tusenvis av meter under havbunnen fra flytende installasjoner i verdens tøffeste havområder. Operasjonene krever ekstrem presisjon, avansert ingeniørkunst og skyhøye sikkerhetsstandarder. Dette er kompetansen som trengs, og som mange andre land har mistet.

### **En nordisk industrimotor**

Kjøper man kjernekraft fra utlandet, blir man avhengig av leverandøren i tiår for drift, deler og kompetanse. Samtidig er det få leverandører igjen i Europa, mens etterspørselen øker. Dette skaper et marked for nye aktører.

Ved å kombinere Sveriges og Finlands driftserfaring (over 450 reaktorår) med norsk industriell gjennomføringskraft, kan vi skape en slagkraftig nordisk aktør. Det sikrer energitilførselen vår, bygger teknologisk selvstendighet og skaper arbeidsplasser.

### **Bygging slik vi kan det**

Moderne kjernekraftverk bygges ikke lenger bit for bit på en byggeplass. De settes heller sammen av moduler, produsert på verft, akkurat som en oljeplattform. Dette er en metode norsk petroleumsindustri tidlig tok i bruk og mestrer til fingerspissene.

Modulene kan fraktes sjøveien langs kysten vår, noe som kutter byggetid og kostnader. Japan viste allerede på 90-tallet at man kan bygge et kjernekraftverk på under fire år med denne metoden, til en brøkdel av prisen på nyere europeiske prosjekter.

### **En mulighet for norsk industri**

Kjernekraft er derfor mer enn bare ren energi. Det er et industripolitisk verktøy for å videreutvikle kompetansen vi allerede har. Et hjemmemarked er fordelaktig, men ikke avgjørende for å lykkes. Se bare på havvindindustrien, der norske aktører installerer turbiner over hele verden selv om det ikke lages et eneste turbinblad i Norge.

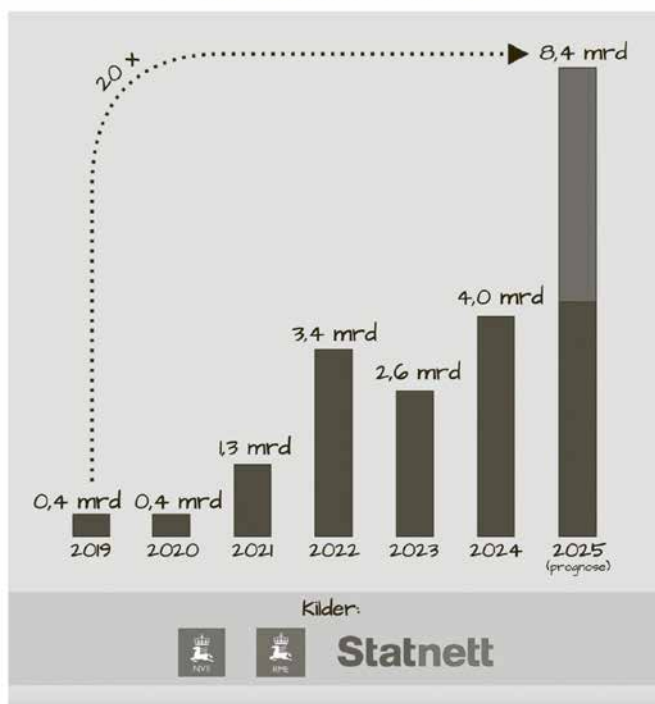
Spørsmålet er ikke *om* norsk industri skal satse på kjernekraft, men hvor stort omfanget vil bli. Med staten, arbeidsgiverne og fagbevegelsen som trekker i samme retning, kan vi få det løftet som gir energisikkerhet, klimavennlig energi og nye arbeidsplasser.



Foto: Aker Solutions

# Hva er egentlig billigst?

## 2,0-DOBLING AV SYSTEMDRIFTKOSTNADER



Utviklingen av systemdriftskostnader fra 2019 til 2025.



Linjebygging i norsk natur er dyrt. Dette er fra Matre i Vestland fylke. Foto: Kjell Magne Opheim

Hva koster strømmen vår egentlig? Mange peker på sol og vind som de billigste energikildene, men ser vi på hele bildet? En kilowatttime er nemlig ikke bare en kilowatttime. Verdien avhenger av om den leveres akkurat når vi trenger den.

### Problemet med et væravhengig strømnett

Sol- og vindkraft er billige å produsere, men de leverer kun når været tillater det. Samfunnet vårt, med sykehus, datasentre og industri, trenger stabil strøm døgnet rundt. Når vinden ikke blåser og solen ikke skinner, oppstår det «hull» i produksjonen.

Disse hullene må på kontinentet tettes med dyr og forurensende gasskraft. I Norge er det vannkraften som tar belastningen med å tette hullene. Den er ikke ubegrenset. I tillegg fører et ustabil system til høyere systemkostnader, altså prisen for å balansere nettet og ha reservekraft klar. Disse kostnadene ender opp på din nettleie. Billig produksjon kan altså føre til et dyrt og mer væravhengig system for oss alle.

### Kjernekraft: Den stabile ryggraden

Her kommer kjernekraften inn. Ja, nyere kjernekraftverk har vært kostbare å bygge, men de leverer en uvurderlig vare: Stabil, forutsigbar og utslippsfri strøm, 24/7, uavhengig av vær.

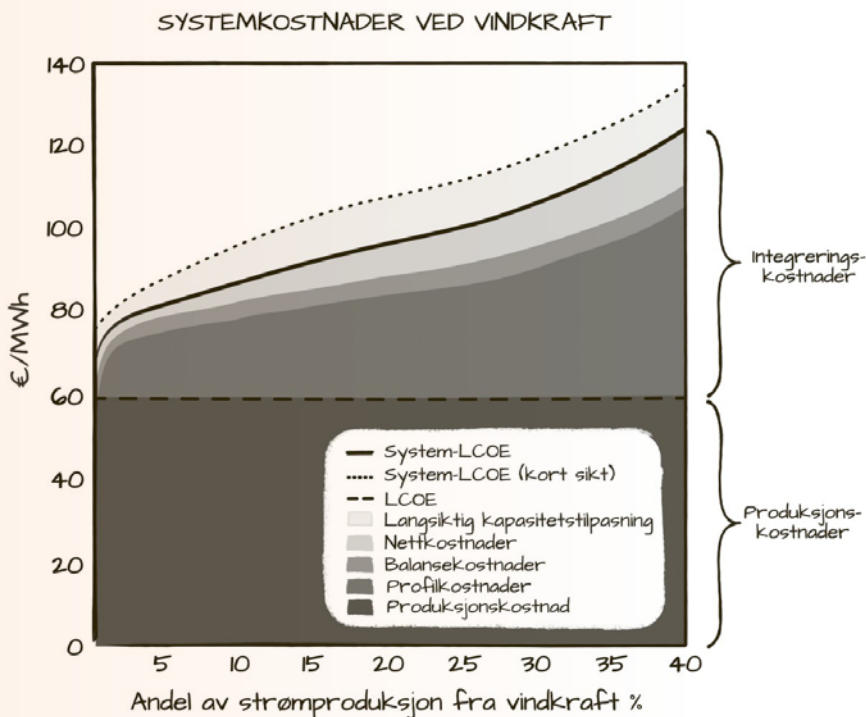
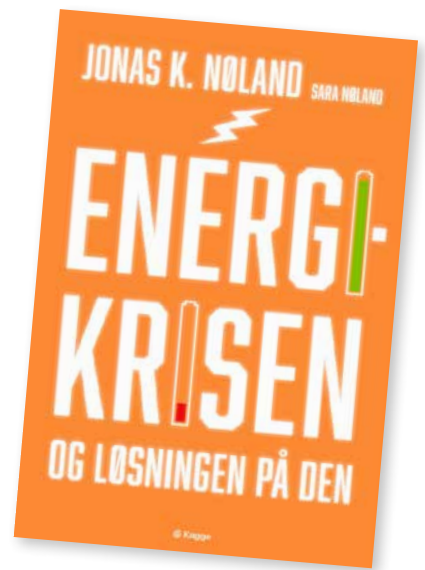
### Konklusjon: En smart miks for fremtiden

Forskning, blant annet fra NTNU og FN, viser tydelig at det mest kostnadseffektive og robuste energisystemet ikke består av én enkelt energikilde, men en smart miks. Selv et «dyrt» kjernekraftverk kan gjøre hele systemet billigere.

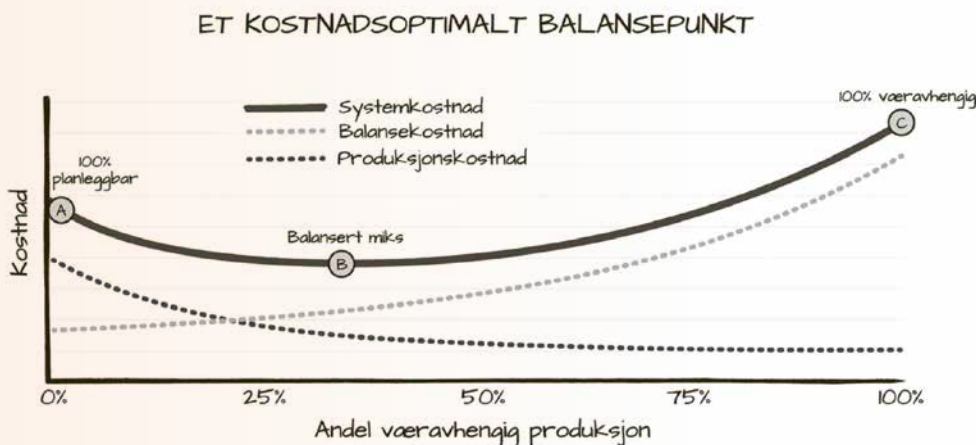
Ved å inkludere kjernekraft som en stabil ryggrad, sammen med vann-, sol- og vindkraft, får vi et system som er både grønt, pålitelig og rimeligere for alle.

KILDE: UTDRAG FRA «ENERGIKRISEN OG LØSNINGEN PÅ DEN»  
 AV SARA OG JONAS KRISTIANSEN NØLAND.  
 UTDRAG KAP. 13. PUBLISERT INKL. ILLUSTRASJON MED TILLATELSE.

- Kostnaden for strøm er ikke bare produksjonsprisen. Variabel sol- og vindkraft fører til høye systemkostnader for å balansere nettet.
- Kjernekraft gir stabil og forutsigbar grunnlast, i motsetning til væravhengig sol- og vindkraft, og sikrer dermed strøm døgnet rundt.
- Stabil grunnlast fra kjernekraft gjør hele strømsystemet billigere å drifte ved å redusere behovet for dyr reservekraft, gir lavere og mer forutsigbar strømpris og skåner naturen.
- Den mest kostnadseffektive løsningen er en energimiks, der et «dyrt» kjernekraftverk kan gjøre hele systemet billigere og mer pålitelig.

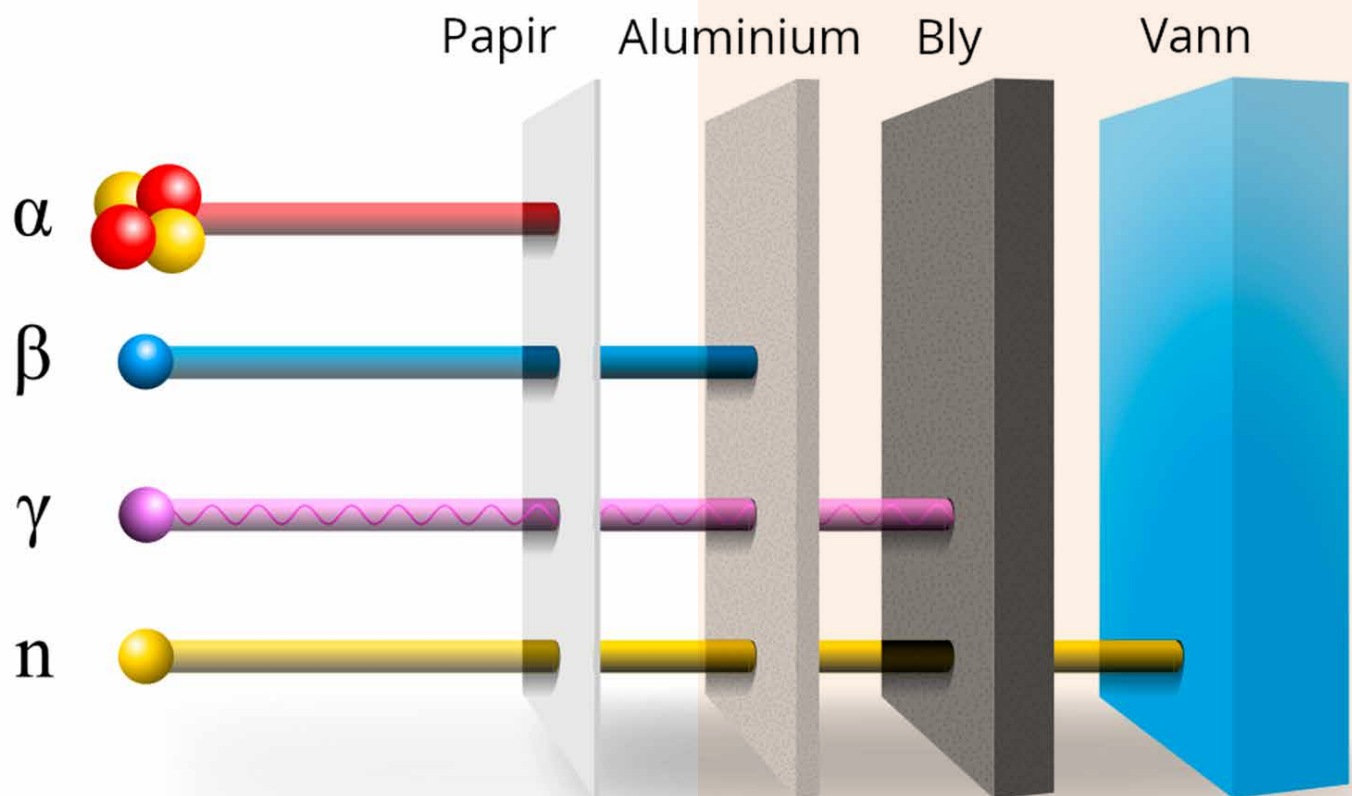


Systemkostnaden for vindkraft som funksjon av andelen i energimiksen.



Total systemkostnad som en funksjon av andel væravhengig kraft.

# Kjernekraft og radioaktiv stråling



**Alfastråling:** Har kortest rekkevidde og stanses lett av et enkelt papirark

**Betastråling:** Trenger gjennom papir, men stoppes av en tynn plate med aluminium

**Gammastråling:** Er svært gjennomtrengende og krever tykke, tette materialer som bly for å dempes

**Nøytronstråling:** Har også høy gjennomtrengningsevne, men stanses best av hydrogenrike materialer som vann eller betong

- Håndtering av radioaktivitet i kjernekraftsyklusen omfatter særlig tre faser: Gruvedrift, reaktordrift (ved uhell) og avfallshåndtering.
- Ved gruvedrift må man beskytte seg mot naturlig forekommende radioaktive stoffer (inhalasjon og spredning av støv). Vi er alltid utsatt for betydelig bakgrunnsstråling fra naturen.
- Under normal drift er strålingen fra reaktoren kontrollert, mens den reelle risikoen for strålebelastning er knyttet til ulykker med utslipp av ulike radioaktive stoffer. De fleste er mye mindre farlige enn de som foreligger i naturen (radium, polonium).
- Norsk verdensledende kompetanse på dypboring fra sokkelen kan overføres til utvikling av sikre metoder for permanent lagring av avfall.
- Høyaktivt avfall har et lite volum, og en løsning for permanent lagring etter finsk modell, dypt nede i stabilt grunnfjell, anses som en trygg og gjennomførbar metode.

En kjernekraftreaktor er en vannkoker. Når vandamp føres til dampturbin, får vi strøm. Kjernekraft-syklusen omfatter grovt sett 3 trinn hvor radioaktivitet og strålevern har betydning:

#### **Gruvedrift**

Uran utvinnes fra U-holdige bergarter (e.g., alunskifer, svart skifer). Uran\* kjeden har en rekke dosegivende datterprodukter: Radium (Ra-226), edelgassen radon (Rn-222), polonium (Po-210) og bly (Pb-210) før kjeden ender i stabilt bly (Pb). Strålevern omfatter vern mot stråling (alfa-, beta- og gamma) som skyldes menneskelig aktivitet. Vi har stedvis svært høy bakgrunnsstråling fra naturlig forekommende radioaktive stoffer som Ra-, Po- og Pb-isotoper (se radonkart).

#### **Reaktordrift hvis det inntreer uhell**

Fisjon av uranisotopen  $^{235}\text{U}$  gir fisjonsprodukter (e.g. Cs-137 og Sr-90), aktiveringsprodukter (e.g. radioaktive jern isotoper) og transuraner som plutonium (Pu). Under ordinær reaktordrift er strålevern ivaretatt, mens strålebelastningen ved atomulykker med utslipp kan være betydelig (→ egen sak).

#### **Lagring av kjernebrenselavfall**

Høyaktivt kjernebrensel inneholder hovedsakelig (~ 93 %) ubrukt uran med høy egenvekt. 17 tonn avfall fra 4 IFE reaktorer utgjør i prinsippet kun få kubikkmeter med brenselstaver. De fleste fisjonsprodukter er langt mindre radiotoksiske enn f.eks. Ra-226 og Po-210\*\*, som begge finnes i naturen. Lagring i tunneler 480 meter nede i stabilt grunnfjell, etter finsk opplegg, burde være kurant. Lageret bør konstrueres slik at det også er plass til fremtidig avfall. Halden kommune er positive til å motta avfallet.

---

\* Uran ( $^{238}\text{U}$ ) er et naturlig forekommende radioaktivt grunnstoff med lang halveringstid. Stråleeffekten er derfor så lav at vi betrakter uran som et tungmetall.

\*\* Urans datterprodukter Ra-226 og Po-210 er meget radiotoksiske. En svært liten mengde Po-210 tok livet av russisk statsborger Litvinenko i London. Urans datterprodukt Rn-222 er en edelgass som går over til Po-210. Derfor finnes ørsmå mengder Po-210 i luften rundt oss, og dette bidrar mest til vår interne stråledose.

# Kjernekraftverk: Atomulykker, helse og miljøkonsekvenser



*Verdens største hangarskip – USS «Gerald R. Ford», med to stk. A1B reaktorer som hver yter 700 MW termisk effekt som gir 350 000 hk til propellakslinger og 125 MW elektrisitet.  
Foto: Hans Kristian Riise/Oslo Havn*

- Moderne kjernekraft (Generasjon III+ og IV) har fundamentalt høyere sikkerhet enn gamle reaktorer (prototyp, Generasjon I) som går på overtid.
- Halden reaktoren var en kjernekraftreaktor som ga damp til treforedlingsindustrien.
- Ulykker skyldes i stor grad menneskelige feil og gammel teknologi, ikke de radioaktive stoffene
- Det finnes en rekke udokumenterte påstander og konspirasjonsteorier knyttet til atomulykker som har bidratt til angst og uro. Vurderinger av atomulykker og konsekvenser må baseres på fakta.
- Strålingsrisikoen fra kjernekraft er minimal, mens stråling brukes daglig i høye doser til å behandle og helbrede tusenvis av kreftpasienter i Norge.

Verdens første kjernekraftreaktor kom i drift i Sovjet-samveldet (1954), deretter i UK (1956), USA (1957) og Halden reaktoren i Norge (1958). Teknisk utvikling har gått fra gamle usikre prototype og Generasjon I reaktorer (e.g. Halden reaktoren) til Generasjon III+ (Finland) og Generasjon IV (EU, Kina) som er nye moderne reaktorer med en helt annen effektivitet og sikkerhet enn gamle anlegg. Ulykker på kjernekraftverk har skjedd over tid, særlig med gamle anlegg.

### Three Mile Island 1979

Anlegg med inneslutning, ubetydelig utslipp til luft. Ingen helse- eller miljøkonsekvenser. Mediastorm (anti-atomvåpen, filmen «The China Syndrome», «olje-mafiaen») stanset Stortingets vedtak om innføring av kjernekraft i Norge!

### Tsjornobyl 1986

Anlegg uten inneslutning med betydelig utslipp (3–4 tonn UO<sub>2</sub> brensel) til Skandinavia og deler av Europa. I følge Chernobyl Forum\* (2006) er færre enn 100 personer dokumentert døde av stråling. I følge UNSCEAR\*\* (2018) fikk ~ 5000 barn, av totalt 20 000 tilfeller, skjoldbrusk-kjertel kreft pga. radioaktivt jod, og derved medisinsk behandling. Ingen transgenerasjonelle effekter er påvist på barn av bestrålte foreldre (Science 2021).

Helsekonsekvenser var langt mindre alvorlig enn ventet, mens psykososiale effekter var langt mer omfattende enn ventet. Store sosiale og økonomiske konsekvenser. Biodiversiteten innenfor 30 km sonen er langt rikere etter ulykken enn før ulykken, fordi 134 000 mennesker ble evakuert\*\*\*.

### Fukushima 2011

Anlegg med inneslutning. Utslipp av jod og cesium til luft. Ingen helse-effekter pga. stråling, men mange som ble evakuert fra sykehjem døde. Greenpeace påsto feilaktig at 20 000 døde av stråling, de døde pga. tsunamien.

### Tsjornobyl i Norge

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) anser at den generelle risikoen for helseskader i Norge som følge av Tsjornobyl-ulykken er svært lav. DSA har estimert at ca. 500 kan få kreft på 50 år (ca. 10/år) på grunn av nedfallet. For den mest utsatte gruppen, reindriftsamer i Midt-Norge, er økning av kreftisiko estimert til ca. 0,2 %.

### Myten om skadevirkningene

I dag har vi ~ 38 000 kreft tilfeller/år av andre årsaker, og de fleste behandles med høye doser radioaktivitet for å bli friske. Det er derfor mange flere som lever på grunn av stråling enn som dør av stråling i Norge.

\* Chernobyl Forum: Samarbeid mellom 8 FN organisasjoner, Ukraina, Russland, Belarus samt en rekke internasjonale forskere. Rapporten (2008) er den mest troverdige dokumentasjon vi har, mens prognoser og påstander om at hundre tusenvis døde av stråling er hverken dokumentert eller verifisert.

\*\* UNSCEAR: FNs Vitenskapskomite for strålingseffekter

\*\*\* Tsjornobyl ulykken, Store Norske Leksikon

# Kjernekraft i Norge: Oppdatert kunnskapsgrunnlag



**Olkiluoto 3 i Finland.**



**Foto: Crayon Consulting**

SAMMENDRAG AV RAPPORT  
«KJERNEKRAFT I NORGE: KOSTNADER, UTFORDRINGER OG MULIGHETER»  
AV VALA MARIA VALSDÓTTIR, NÆRINGS-PH.D-KANDIDAT VED UNIVERSITETET I OSLO  
OG CRAYON CONSULTING SIN RAPPORT.  
Av: KMO OG UNJ.

- Lærdom fra internasjonale prosjekter, hvor store forsinkelser og kostnadsoverskridelser i stor grad skyldes tap av industriell kompetanse over tid.
- For å lykkes er det behov for et trepartssamarbeid, der myndighetene skaper stabile rammevilkår, næringslivet investerer, og forskningsmiljøene bidrar med kunnskap.
- Tydelig oppfordring til handling: Norge må starte kompetansebyggingen og investere i forskning nå for å gripe muligheten, ettersom mulighetsvinduet er i ferd med å lukke seg.

Norge befinner seg i en historisk mulighetsposisjon for kjernekraft. Rapporten «Etablering av kjernekraft i Norge: Kostnader, utfordringer og muligheter» av Vala Maria Valsdóttir analyserer hva som skal til for at Norge kan lykkes, og tegner et bilde der Norge faktisk har bedre forutsetninger enn mange andre land. Den totale kompetansen Norge besitter er direkte overførbart til kjernekraftprosjekter.

#### **Tre bærende pilarer**

Rapporten identifiserer tre sentrale elementer for suksess. Offshore- og prosessindustriens erfaring med krevende teknologiprojekter og norsk ingeniørkompetanse generelt danner et fundament som er direkte overførbart til kjernekraftprosjekter. Fellesnevner i disse tre pilarene er også den ekstremt viktige prosjektstyringskompetansen.

#### **Lærdom fra internasjonal erfaring**

Casestudiene av finske Olkiluoto 3, franske Flamanville 3 og amerikanske Vogtle 3 og 4 er sentrale i rapporten. Store forsinkelser og kostnadsoverskridelser er i stor grad sporbare til tap av industriell kompetanse gjennom tiår med stagnasjon i kjernekraftindustrien, verdier som tar tiår å bygge opp, men bare år å miste.

#### **Trepartssamarbeid som nøkkel**

Rapporten er tydelig på at ingen enkeltaktør kan bære dette alene. Myndigheter må skape stabile, langsiktige rammebetingelser og en regulatorisk struktur som gjør det mulig for næringslivet å planlegge og investere med tillit. Næringslivet må på sin side investere i industriell kapasitet, ikke vente på at alle spørsmål er avklart før de engasjerer seg. Og forskningsmiljøene må levere kunnskap, analyser og innovasjon som holder norsk

kjernekraftengasjement faglig oppdatert og internasjonalt konkurransedyktig. Det er summen av disse bidragene, ingen av dem alene, som skaper grunnlaget for reell suksess.

I et podkastintervju med Ohms lov uttalte Valsdóttir også at «kjernekraft er arbeidernes energikilde».

Rapporten peker fremover med optimisme betinget av handling: Start kompetansebyggingen nå, invester i forskning og tenk helhetlig. Det er ikke for sent, men mulighetsvinduet krymper.

Den fulle rapporten finner du på :



Podcastepisoden med Vala:



# Kjernekraft på skip

- En stolt skipsnasjons vei til nullutslipp



*Energy Construction Vessel.  
Illustrasjon: Vard Design AS*

*299 meter langt LNG skip.  
Foto: Knutsen OAS*



- CO<sub>2</sub>-utslippene fra norsk-kontrollert skipsfart er enorme, og sentrale aktører i bransjen anser kjernekraft som den eneste reelle løsningen for å oppnå nullutslipp til sjøs.
- Ledende aktører i den norske maritime klyngen, som verftsgruppen VARD og rederiet Knutsen OAS, bekrefter at teknologien er teknisk gjennomførbar og at de er klare til å satse.
- Kjernekraft fremheves som den eneste nullutslippsløsningen for shipping som ikke konkurrerer med landbasert behov for grønn energi, noe som gjør den spesielt attraktiv.
- En satsing på kjernekraft i skipsfarten ses ikke bare som et klimatiltak, men som en strategisk mulighet for Norge til å befeste sin posisjon som en ledende maritim nasjon og eksportør av fremtidens teknologi.

Et markedssegment som virkelig kan drive ned prisen på kjernekraft er shipping. Dette gjelder spesielt for mindre reaktorer som kan være gunstig der man ikke har behov for store reaktorer som de nyere EPR/EPR2, et tysk/fransk samarbeid om et sikkert landbasert reaktordesign der subkritisk vann under høyt trykk driver store generatorer vha damp, som er bygget i Finland og Frankrike og er under bygging i Storbritannia.

**Utslipp fra internasjonal sjøfart og luftfart holdes utenfor Norges offisielle klimaregnskap, men rapporteres som tilleggsinformasjon.**

Utslippene fra den norskkontrollerte utenriksflåten er enorme. De er beregnet å være like store som 61 % av Norges samlede nasjonale utslipp.

**Nullutslippsvisjonen bygges på kjernekraft**

I samtaler med aktører i shippingbransjen er konklusjonen at fossilfri skipsfart er umulig uten kjernekraft og bransjen er veldig klare for å ta neste steg. Det gjelder også de som skal bygge skipene, her representert av:

Håvard Vollset Lien fra skipsverfts konsernet VARD:

---

**«Vi har de siste årene vært partner i flere prosjekter om kjernekraft i skip, deriblant NuProShip II, som viser at atomdrevne fartøy ikke bare er en visjon, men en teknisk fullt gjennomførbar løsning. Vi ser også at våre kunder i økende grad viser interesse for dette og vil være med på prosjekter. I et globalt maritimt perspektiv er det den eneste nullutslipps energiløsningen som ikke konkurrerer med landsiden om grønn energi. Det gjensstår fortsatt mye godt**

---

**arbeid for å realisere dette, men det er en desto større grunn til å holde tempoet oppe. Får vi dette til, vil det gi oss et betydelig fortrinn som eksportnasjon for skip og maritim teknologi. Vi er stolte av å være med på å drive denne utviklingen i våre kjernesegementer.»**

---

Et av rederiselskapene som er med på NuProShip II prosjektet er OAS Knutsen i Haugesund som driver med frakt av LNG, olje og andre kjemikalier.

Even Bjørnevik, prosjekt- og innovasjonsleder i Knutsen OAS Shipping, uttaler:

---

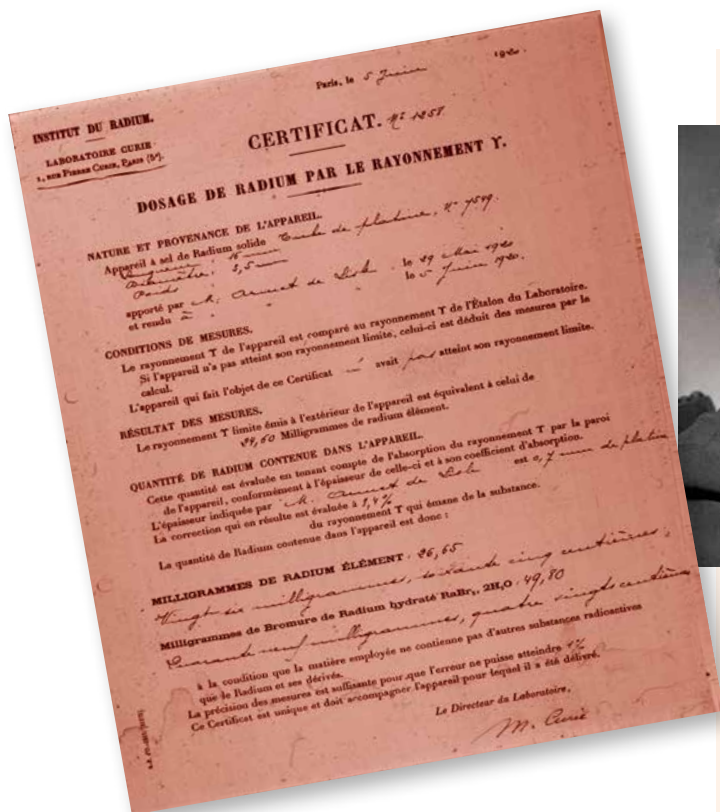
**«Om målet er å redusere utslippene fra sjøfarten globalt uten at det samtidig øker utslippet på land så er kjernekraft for framdrift den eneste teknologien som monner. Norge har nå muligheten til å være i front i denne klimavennlige teknologirevolusjonen.»**

---

**Tvangsomstillingen i shipping**

Klimakrisen tvinger frem et teknologiskifte i global shipping, og uttalelsene fra skipsbygger og rederi viser at den norske maritime klyngen er klar til å lede an. Viljen til å satse er til stede, og optimismen bygger på en omforent forståelse av at teknologien er klar for neste steg; global sivil godsfrakt. Dette åpner for en unik mulighet til å posisjonere seg som en ledende eksportnasjon, ikke bare av skip, men av fremtidig nullutslippsteknologi på land også via synergieffekter. Å satse på kjernekraftdrevet skipsfart er derfor ikke bare et klimavalg, men også en strategisk investering i Norges fremtidige konkurransekraft på verdenshavene.

# Norges tidlige kjernefysiske historie

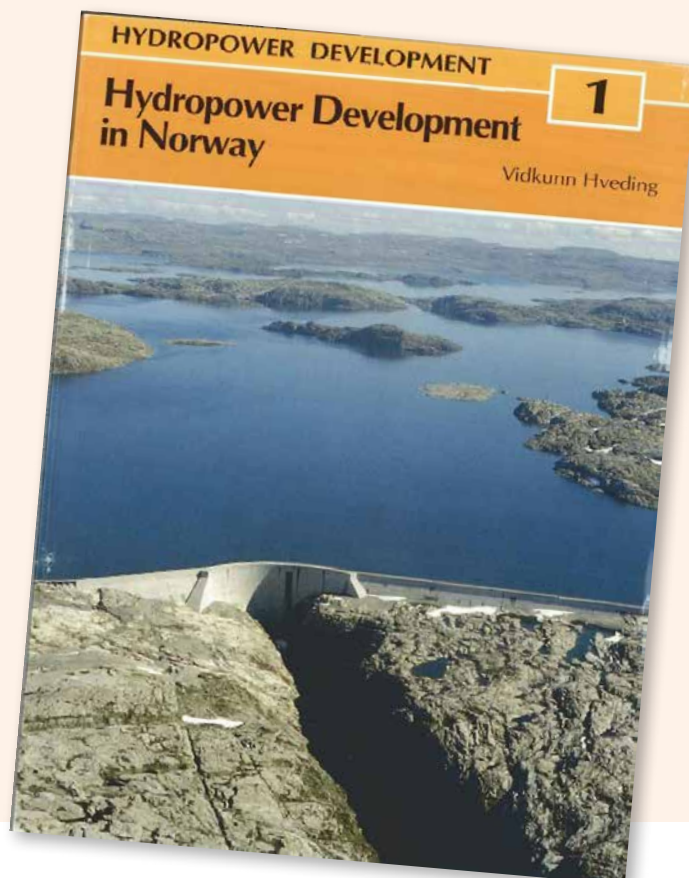


**Sertifikat fra Curie-laboratoriet i Paris (1920) som viser måling av radioaktivt radium, signert av fysikeren og kjemikeren Marie Curie. Arbeidet med å isolere og måle radioaktive grunnstoffer la det vitenskapelige grunnlaget for oppdagelsen av kjernefysisk fisjon og utviklingen av kjernekraft. Dokumentet er opprettet i forbindelse med kjøp av radium til Rikshospitalet. Ellen Gleditsch sine kontakter i Frankrike, gjorde at Norge klarte å sikre seg livreddende radium direkte fra kilden i Paris.**  
Foto: Radhist.no



**Som en av Marie Skłodowska-Curies betrodde medarbeidere, var Ellen Gleditsch (1879–1968) sentral i å bygge opp fagfeltet radiokjemi i Norge. Selv om hun ikke grunnla Radiumhospitalet, var hennes pionerarbeid avgjørende for det vitenskapelige miljøet som gjorde moderne kreftbehandling med ioniserende stråling mulig i landet.**  
Foto: Radhist.no

**Vidkun Hveding (1921–2001) var en sentral arkitekt bak det moderne norske kraftsystemet. Han skrev det første og innledende bindet av «Hydropower Development in Norway», en bokserie som i praksis fungerte som en oppskrift for hvordan man kunne planlegge og bygge ut et nasjonalt kraftsystem basert på vannkraft. Som generaldirektør i NVE og senere olje- og energiminister, satte han dype spor etter seg i norsk energihistorie. Foto: Faksimile Nasjonalbiblioteket [nb.no](http://nb.no).**  
Vidkun Hvedings bok om vannkraft.



- Tidlig start: Norges kjernefysiske historie begynte allerede i 1828 med oppdagelsen av grunnstoffet thorium i Telemark.
- Pionerarbeid: Ellen Gleditsch og etableringen av Radiumhospitalet bygget tidlig norsk kompetanse på medisinsk bruk av stråling.
- Tungtvannets nøkkelrolle: Norsk Hydros produksjon av tungtvann ga Norge verdensmonopol og en sentral rolle i utviklingen av de første kjernereaktorene.
- Forskning i verdensklasse: Etableringen av Institutt for atomenergi (IFE) og den internasjonalt anerkjente Haldenreaktoren systematiserte norsk kjernefysisk forskning.
- Nasjonalt energispørsmål: Den solide kompetansen førte til at kjernekraft ble vurdert som en seriøs energikilde for Norge på 1970-tallet.

Norge og nordens kjernefysiske historikk begynte lenge før Henri Becquerel oppdaget radioaktivitet i 1896. Grunnstoffet thorium ble oppdaget i 1828 av den svenske kjemikeren Jöns Jacob Berzelius fra et mineral funnet av Morten Thrane Esmark på Løvøya i Telemark. Både grunnstoffet og mineralet thoritt (thoriumsilikat -  $\text{ThSiO}_4$ ) ble oppkalt etter tordenguden Thor som en hyllest til funnstedet i Norge.

#### **Fra Thorsgruva til internasjonal anerkjennelse (1900–1940)**

Thoritt ble så funnet i Thorsgruva i 1904 og la grunnlaget for tidlig norsk deltagelse i europeisk vitenskapelig laboratoriesamarbeid. Ellen Gleditsch, en av Norges fremste kjernefysikere, etablerte seg som en pioner innen radiumforskning og bidro til internasjonal standardisering av atomvekter. Hennes arbeid, sammen med etableringen av Radiumhospitalet (1932), markerer starten på norsk kompetanseutvikling innen medisinsk bruk av ioniserende stråling – en kompetanse som fortsatt er relevant innen nukleær medisin.

#### **Tungtvann**

Norge ble en sentral brikke i kjernefysisk historie gjennom produksjonen av tungtvann ( $\text{D}_2\text{O}$ ) på Vemork som opprinnelig var et biprodukt fra Norsk Hydros hydrogenproduksjon utviklet for *industriell produksjon av nitrogenbaserte gjødselstoffer*. De hadde verdensmonopol på tungtvann frem til 1948.

Tungtvann var nøkkelen til de første kjernekraftreaktorene, da det som moderator tillot bruk av naturlig uran uten anriking. Dette muliggjorde tidlige eksperimenter og reaktorer som ZEEP (1945, Canada) og CP-3 (1944, USA), og la grunnlaget for sivile kjernekraftprogram, spesielt CANDU-reaktorene.

Tungtvann ble også brukt i *forskningsreaktorer* for å studere kjernefysiske prosesser, og det var en nøkkelkomponent i utviklingen av de *norske forskningsreaktorene*.

#### **Etableringen av IFA/IFE**

Institutt for atomenergi (IFA, senere IFE) ble etablert på Kjeller i 1948. IFA ble en nøkkelaktør i internasjonal kjernefysisk forskning, og Haldenreaktoren (1958–2018) var verdens ledende testreaktor for kjernebrensel- og materialforskning, og bidro vesentlig til global kjernefysikk, brenselikkerhet og reaktorteknologi gjennom internasjonalt samarbeid og unike eksperimentelle muligheter.

#### **NVEs kjernekraft og energiforståelse**

Vidkun Hveding, adm. dir. i NVE 1961–1963 og generaldirektør 1968–1975, holdt den 17. mars 1975 et foredrag for Rogaland fylkesting, hvor han redegjorde for sitt syn på kjernekraftproblematikken og på kravene og valgmulighetene når det gjelder 1980-årenes kraftproduksjon. (*digitalt rekonstruert foredragsreferat*)

# Naturen vs. energiproduksjon



*Seltufteelva og Fossvatnet.  
Foto: Ove Hatlestad Solaas*

- Norge står i en konflikt mellom målet om å restaurere og tilbakeføre natur satt opp mot behovet for mer kraft. Arealkrevende vind- og solkraft gjør målene uforenlige.
- Ustabiliteten fra sol- og vindkraft fører til skadelig «effektkjøring» i vannkraftverk, som ødelegger økosystemer i elvene. En stabil grunnlast fra kjernekraft ville redusert dette problemet.
- En reell vurdering av energikilder må se på den totale belastningen for naturen, inkludert areal, materialbruk og systempåvirkning, for å kunne ta informerte valg.

### **Areal og materialer, en brutal forskjell**

Norge skal restaurere 30 % av ødelagt natur innen 2030, samtidig som vi planlegger en massiv kraftutbygging. Målet ødelegges dersom vi satser på arealkrevende vind- og solkraft. For å ta gode valg må vi sammenligne den totale kostnaden for naturen. En gjennomtenkt strategi for håndtering av spillvarmen er avgjørende for å minimere den økologiske påvirkningen fra kjernekraft.

### **Den skjulte kostnaden i elvene våre**

Mer ustabil kraft i systemet øker behovet for effektkjøring i norske elver. Forskning fra blant annet NORCE har tydelig dokumentert at brå vannstandsendringer dreper ungfisk og ødelegger økosystemer. Mens avbøtende tiltak som «miljødesign» finnes, er de kun symptombehandling. Ved nye vannkraftverk kan flere faktorer komme i tillegg slik som redusert vannføring, vanntemperaturendringer, gassovermetning, redusert fiskeproduksjon, mfl.

En stabil grunnlast fra kjernekraft ville redusert bufringsbehovet, dvs. selve årsaken til vannmiljøpåvirkningen dersom den erstatter vind- og solkraft.

### **En helhetlig tilnærming**

Lærdommen fra Tsjornobyl er at naturen blomstrer der permanent menneskelig aktivitet forsvinner. Vindparker representerer en slik permanent tilstedeværelse i naturen.

Alle energikilder har en kostnad, men den er ikke lik. Debatten må inkludere den totale belastningen: Areal, materialbruk, naturverdier og systempåvirkning. Når vi som samfunn skal utrede og vurdere hvilke produksjonsmetoder for strøm vi skal ta i bruk, må vi se på hele bildet. Først da kan vi ta reelt informerte valg for Norges energi- og naturfremtid.

*Blegja og Storehesten sett fra Snøheia.  
Foto: Ove Hatlestad Solaas*





*Sollinova sett frå Langevatnet.  
Foto: Ove Hatlestad Solaas*



*Solnedgang sett frå Snøheia.  
Foto: Ove Hatlestad Solaas*

**kraftfremtid.no**

et initiativ fra

**EL og IT Rogaland**

med bidrag fra

LO klubbene i Aker Solutions • Arv Energy • Østfold

