

Hva skal Norge leve av i fremtiden?

Jeg leverer dette innspillet som ingeniør med bakgrunn fra kraftsystemet og som leder av Tekna sin faggruppe for energi, industri og miljø (FEIM). Kommisjonens mandat peker selv på tilgangen på ren energi, og særlig regulerbar kraft, som en av de sentrale flaskehalsene for Norges omstillingsevne. Det er dette perspektivet jeg ønsker å utdype, fordi jeg mener det er dårligere forstått enn det burde være - både i debatten og i beslutninger som allerede er tatt.

I visjonene om hva Norge skal leve av når oljen tar slutt er det mange gode ideer, og alt er kanskje ikke like godt gjennomtenkt. For å skille det som holder mål fra det som ikke gjør det, trenger vi en enkel test.

Testen: "Skomaker, bli ved din lest"

Det er lett å tro at vi kan redde verden med vår kunnskap. Men verden er full av kloke hoder som tenker det samme. Det er grunn til å minne om det gamle ordtaket: «Skomaker, bli ved din lest». Vi må la fagfolk slippe til med sin kunnskap, og vi må satse på næringer der vi faktisk har et fortrinn - ikke der vi ønsker å ha et.

Eksempler som ikke består testen

Batterifabrikker har nå i tur og orden gått konkurs, selv med statsstøtte i ryggen. Hydrogen er blitt nevnt uten tanke på at det ligger en energikrevende prosess bak. Data- og regnesentraler er også i vinden, og selvfølgelig skal vi ha slike dataanlegg som sikrer våre behov. Men både energi- og vannbehov er høyt uten nevneverdig behov for arbeidskraft. En større satsing på datasenter kan gå på bekostning av annen strømkrevende industri som må nedbemanne. Det gir ingen mening at kommunene får store inntekter fra slike anlegg samtidig med at kostnadene på sosiale utgifter øker, det samfunnsøkonomiske regnskapet går neppe i pluss. Alle disse tre områdene bør nå utredes grundig, både med tanke på omfang og regulering.

Hvor vi faktisk har fortrinn

Vi må satse på næringer som vi har gode forutsetninger for å utnytte. Et eksempel på dette er maritim sektor og havbruk. Her er det mange muligheter innen akvakultur og skipsbygging som ikke er utnyttet. Norge er rikt på mineraler og sjeldne jordarter som er viktige både i forsvarsindustri og "det grønne skiftet". Hvorfor har vi ikke bygget et jernverk i Narvik?

Fundamentet alt annet står på: Infrastruktur

Men uansett hvilke næringer vi velger er en avgjørende faktor for at vi skal lykkes at vi har en sterk infrastruktur på plass. Dette betyr at flyplasser, vei og jernbane, telekommunikasjon, havner og kaier – og en stabil og sikker strømforsyning – er på plass.

Den kritiske flaskehalsen: Strømforsyningen

Av alle infrastrukturelementene er strømforsyningen den som byr på størst kritikalitet og risiko akkurat nå. Den er blitt gjort markedsstyrt, noe som har ført til at nybygging av kraftverk og høyspentlinjer nesten har stagnert. Her har regjeringen nå tatt grep for en raskere konsesjonsbehandling.

Men det er ikke mulig å få en stabil strømforsyning med vindkraftverk. Vind er ustyrlig, og spesielt på kalde og varme dager er det vindstille. Selvfølgelig kan dette kompenseres i vannkraftverkene. Men det reduserer vannkraftverkens mulighet til å stabilisere resten av høyspentnettet.

En påminnelse fra en av Norges fremste eksperter

Vidkun Hveding som var generaldirektør i NVE fra 1968 til 1975 og en av landets fremste eksperter på energiforsyning, advarte allerede på 1970-tallet mot overdreven tillit til uregulerbar kraft. Som bygningsingeniør fra NTH og senere som olje- og energiminister hadde han en unik forståelse av kraftsystemets fysikk. Hans erfaring var klar: I et godt regulert kraftsystem kan det tåles et innslag på 20–30 prosent uregulerbar kraft som vindkraft. I Norge begynner nå andelen uregulerbar kraft å nærme seg 10 prosent. Det er derfor begrenset hvor mye ny vindkraft som kan introduseres i kraftsystemet vårt uten at stabiliteten settes på spill. Hveding ledet NVE i en periode da Norge bygget ut store deler av vannkraften, og han måtte håndtere den økende motstanden mot både vannkraft- og atomkraftutbygging. Hans perspektiv var preget av fysikkens lover, ikke politiske ønsker.

Se også vedlagte kronikk fra 2025: *Hvor godt passer vindkraften egentlig inn i kraftsystemet i Norge?* Konklusjonen i kronikken er at det kun er to muligheter hvis vi skal sikre et stabilt kraftsystem: Enten fortsette å bygge vannkraftverk med magasin og/eller satse på kjernekraft.

Veien videre: Forsert satsing nå

For at vi best mulig skal være forberedt på de endringer som kommer kan vi allerede nå gjøre en forsert satsing på bygging og vedlikehold av infrastruktur. Jeg mener det er noe av det viktigste vi kan gjøre nå.

Det er fristende å minne om Statens pensjonsfond utland. Dette fondet kan gi oss økonomiske muskler til omstilling som andre land ikke har.

Skal Norge lykkes med omstillingen, må kraftsystemets fysikk få like stor plass i beslutningene som de politiske ambisjonene.

Sivilingeniør Lars Johansen

Oslo 17/8-2026

VEDLEGG

Hvor godt passer vindkraft egentlig inn i kraftsystemet i Norge

26.05.2025 Lars Johansen

Rev 16.08.2026

Telefon: 90004062

Epost: larsc5johansen@outlook.com/

Ingress

Norges behov for elektrisk energi og effekt vil øke betraktelig i årene som kommer. Dette kan ikke møtes med ny vannkraftutbygging uten å utfordre vernet i vassdragene våre. Fra politisk hold er svaret vindkraft, både til havs og på land, og foreløpig er det ingen politisk vilje til å satse på kjernekraft.

Men er vindkraft et realistisk alternativ?

Miljø

Erkjennelse om de negative miljøkonsekvensene ved landbasert vindkraft øker i Norge. NRK har satt vindkraft på dagsordenen i tv-serien «Oppsynsmannen».

I Klassekampen i januar i 2024, omtalte Bjørn Vassnes boken «Materials and Dematerialization», av Vaclav Smil, en av verdens eksperter på energi og materialbruk. Smil sier at satsing på vindkraft betyr økt ressursbruk, både av arealer og materialer, samt sjeldne jordarter. Ressursbruken er en av de største truslene mot naturen. Norge har undertegnet FNs naturvern avtale av desember 2022. Det er nå dokumentert at det ikke er nok plass, verken i Skagerak eller Nordsjøen, for å dekke EUs behov for fornybar elektrisk energi. I kobbermalm er innholdet av Cu ca 1%. Dette betyr at det må brytes 1 tonn malm må få 10 kg rent kobber. Dette er et viktig siden kobber er et viktig metall i kraft-elektronikk, i strømforsyninger og i elektriske motorer.

Men hva med kraftsystemet?

Kraftsystemets primærfunksjon er å forsyne samfunnet med stabil elektrisk energi og effekt. Det spesielle med kraftsystemet er at det krever en øyeblikkelig og kontinuerlig balanse mellom forbruk og produksjon av elektrisk energi. Dette fordi store mengder av elektrisk energi og dermed effekt ikke kan lagres. Når strømmen i tillegg beveger seg med lysets hastighet, må elektrisitet produseres samtidig som den forbrukes.

Produksjonen av elektrisk energi kan deles inn i 2 typer, regulerbar- og uregulerbar produksjon. Den regulerbare produksjonen tilpasser seg forbruket, mens den uregulerbare produserer uavhengig av forbruk. I tillegg kan også forbruket deles i to, basisforbruk som varierer lite over tid, og toppforbruk som varierer over døgnet eller i kortere perioder. Begrepene grunnlast og topplast brukes tilsvarende om den produksjonen som dekker opp for basisforbruket og toppforbruket.

Alle de nye fornybare energikildene er uregulerbare. De produserer når vinden blåser, solen skinner eller at det renner vann i bekken. Driftsutgiftene deres er nesten uavhengig av om de produserer eller ei. De lastes derfor først opp på Nordpools kraftbørs.

I et regulerbart vannkraftverk (magasinverk) er det vannverdien som styringen tappingen av magasinet. Vannverdien forteller verdien av hva et marginalt tilsig magasinet er. En høy vannverdi betyr at det er trygt å lagre tilsiget til senere bruk når det også forventes en høyere pris. En lav vannverdi betyr at flomrisikoen er stor, og at det må produseres for å unngå tap av vann i flom. Sånn sett blir vannverdien driftskostnaden for magasinverkene.

For de termiske kraftverkene, olje-, kull-, gass- og kjernekraftverk er det brenselprisen som i hovedsak bestemmer driftskostnaden.

De termiske kraftverkene defineres også som regulerbare. Med unntak av gass, krever de lengre oppstarts- og nedkjølingsperioder. De derfor med full last på bestevirkningsgrad og produsere hele tiden, alternativt stoppe helt. De dekker etterspørsel etter grunnlast. Her er kjernekraftverkene spesielle. Med lave driftskostnader og høye investeringskostnader, er det ønskelig at de går hele året på tilnærmet maksimal effekt hele tiden. Kjernekraftverkene blir dermed energiverk.

Til slutt nevnes gass som av ulike årsaker har svært høye driftskostnader. Enten det dreier seg om naturgass eller hydrogen, kan de både starte og stoppe på kort varsel. De brukes derfor til å dekke topplasten og går typisk noen timer om morgenen og ettermiddagen. Gasskraftverkene får da kort brukstid og kalles da effektverk.

Kraftbørsen til Nordpool fungerer i prinsippet slik at den minimerer se driftsavhengige kostnadene. Børsen bidrar også til å opprettholde den kontinuerlige og viktige balansen mellom produksjon og forbruk. Dette forutsetter at kraftmarkedet er spekulasjonsfritt, noe som det nødvendigvis ikke er. Dermed kommer det inn et nytt kostnadselement som må dekke opp for ulovlig spekulasjonsstøy i kraftmarkedet.

Kommer hele kraftsystemet i ubalanse, vil bl.a. nettfrekvensen variere. Dette betyr at både spenning og effekt i kraftnettet pendler. Hvis svingningene blir for store, kan trafoer eksplodere og kraftlinjer smelte pga varmgang. I tillegg kan også generatorer i kraftstasjoner havarere slik det skjedde i Svartisen kraftstasjon under stormen "Narve". Vi får i slike tilfeller langvarige utfall som kalles «black-out», etter en hendelse på østkysten av USA og Canada i 2003.

For å sikre en stabil frekvens er den tunge roterende maskiner en av de beste tiltakene. De får en stor rotasjonsenergi som både låser og stabiliserer frekvensen slik at frekvenskollaps unngås. Disse finnes eksempelvis i generatorer i store vann- og termiske kraftverk. Som eksempel kan nevnes at den nye generatoren i

Vamma krafverk (Vamma 12) veier hele 724 tonn. Den bidrar til å stabilisere frekvensen i nettet.

De mange små generatorene i f.eks. vindkraftverk kan ikke kobles synkront til nettet. De sikrer derfor ikke frekvensstabiliteten slik de store generatorene gjør. Tvert imot så vil konverteringen vindturbinens generatorspenning og frekvens til nettspenning og nettfrekvens via kraftelektronikk innføre uønsket støy i nettet.

Hvis vi får en utvikling der store generatorer erstattes med mange små, må nettoperatorene installere flere frekvenskompensatorer i nettet. Dette gir et ekstra bidrag til å øke systemkostnadene.

Erfaringer fra andre land

Både etter eget ønske og fra EU, stengte Tyskland sine kullkraftverk og etter eget ønske stengte de også kjernekraftverkene. De satset på vind og sol, men fikk problem med stabilitet i kraftsystemet. Dette ble løst med økt import av russisk gass som balansekraft.

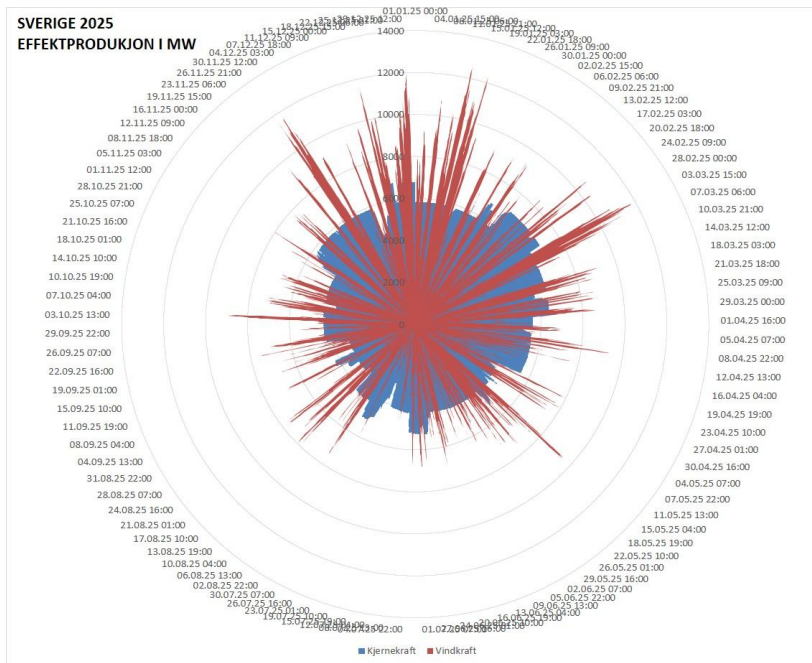
Systemet var nær kollaps vinteren 2021/22 da kraftprisene økte voldsomt, både på grunn av sprengte gassrør i Østersjøen, og sammenfallende kulde og vindstille, dunkelflaute.

I Sverige ble det innført skatteendringer i favør av vindkraft og ufavør av kjernekraftverk. Målet var å avvikle kjernekraftverk, og satse på vindkraft. Vindkraften fikk en stor vekst, og Sverige har nå over 12.000 MW i vindkraftverkene. Mange av disse er i Nord-Sverige. Men fremdeles har svenskene ca 7.000 MW installert i sine kjernekraftverk. Mest kjent er stengningen av kjernekraftverket i Barsebäck.

For å kompensere for bortfallet av kjernekraften og sikre kraftforsyningen i sør, bygde svenskene høyspentlinjen "Sydvästlänken" med kapasitet på 1200 MW. Etter idriftsettelse i 2021 klarte linjen kun å overføre 800 MW. Årsaken var at stengningen i Barsebäck førte til at stabiliteten i kraftlinjen ble for svak fordi de mange små generatorene i vindkraftverkene ikke klarte å kompensere bortfallet fra de store generatorene i de nedlagte kjernekraftverkene. Dette som et eksempel på at man ikke greier å holde frekvens og spenning innenfor de strenge akseptkravene som gjelder for et vekselstrømbasert forsyningsnett ved hjelp av kraftelektronikk.

Den svenske riksrevisjonen har nå reist en sterk kritikk av manglende konsekvensutredninger i de svenske regjeringsbeslutningene i denne skattesaken. Dessuten kommer det nå signaler om en ny satsing på kjernekraft i Sverige,

For mye uregulerbarkraft er kritisk i kraftnett som blir ustabilt og kan kollapse. Sverige har bygget ut en betydelig andel vindkraft som det er verdt å se nærmere på. Figuren under viser svensk effektproduksjon i vind- og kjernekraftverk i et såkalt polardiagram med timeverdier for året 2025. Data er hentet fra det tyske Fraunhofer instituttet som utgir Energy Charts for alle Europeiske land:



Figur: Effektproduksjon i Sverige 2025, timeverdier. (Fraunhofer Energy Charts)

Her sees den tydelige og store effektvariasjonen i vindkraftverkene som i det ene øyeblikket leverer nesten 12 700 MW for så noen timer senere å falle ned til 0. Midlere åreseffekt er 4400 MW som betyr en årsproduksjon lik 39 TWh. Kjernekraften på sin side har en relativt stabil produksjon med maksimalt 7000 MW med et gjennomsnitt lik 5100 MW som gir årsproduksjon lik 45 TWh. Her ser at vindkraftverkene er 3 ganger større effektytelse enn kjernekraften, som på sin side produserer cirka 10 % mere energi enn vindkraftverkene.

Den store variasjonen i effekt i vindkraftverkene øker faren for kollaps i kraftsystemet. Derfor må disse variasjonene balanseres ut. Den svenske nettoperatøren, Svenska Kraftnät, har i prinsippet 3 valg. Enten variere spotprisen for å påvirke forbruket eller betale vannkraftverk for å stå stand-by. Begge midler blir brukt. Den siste muligheten er å bygge om vannkraftverkene med større effektytelse eventuelt også pumpekraftverk.

Allerede i dag ser vi at kraftprisen er blitt meget mer volatil, til glede for krafttradere, men til stort hodebry for forbrukere. På sin hjemmeside, www.svk.se, kan en lese at systemkostnadene i Sverige har økt fra 0,5 til 3 mrd SEK i 2023. Denne kostnaden har nå økt til 6 mrd SEK i 2024 og den øker fortsatt. Dette er kostnader som Svenska Kräfnet bruker for å sikre seg at vannkraftverk står «stand-by» for å dekke vindkraftverkernes variable produksjon. Kostnaden må dekkes av de svenske nettkundene og skattebetalere. Nå diskuteres det om det er vindkraftverkene som skal betale denne kostnaden.

Slike variasjoner skaper også økonomiske utfordringer for vindkraftverkene. Vindstille skjer ofte samtidig over store områder og spesielt både i hete og i kuldeperioder. Spotprisen stiger da kraftig uten at vindkraftverkene får glede av det slik det skjedde i uke 50/2024. Tilsvarende vil det blåse opp samtidig over store områder. Store effektmengder kommer da samtidig inn i kraftnettet med momentan kollaps i spotprisen som da også kan bli negativ. Dette blir det heller ikke inntekter av for vindkraftverkene (de kannibaliseres). Men den regulerbare vannkraften som kan produsere når det er vindstille, og som kan pumpe tilbake når spotprisen er lav, tjener gode penger. Dette gjør krevende å drive vindkraftverk økonomisk lønnsomt.

I tillegg må vindkraftverkene stenge ned når det blåser kraftig for å unngå havari. Dette skjedde i november 2006 i Tyskland (ref UCTE 2007) der en viktig kraftlinje ble koblet ut under en planlagt skipspassasje. Under denne passasjen blåste det så kraftig opp slik at flere vindkraftverk måtte stoppe. Det ble en voldsom ubalanse i det Europeiske nettet og hele Europa ble mørklagt i flere timer midt på dagen før nettselskapene klarte å stabilisere situasjonen. Nå nylig ble den Iberiske halvøy mørklagt i flere døgn på grunn av et tilsvarende bortfall av effekt, da to større solkraftverk måtte stoppe med sekunders mellomrom på grunn av spenningskollaps. Her tok det flere dager før strømmen var tilbake.

I slike tilfeller med bortfall av effekt, er det spesielt vannkraftverkene som må stå klare for å dekke dette frafallet. Dette er den viktigste årsaken til at systemkostnadene øker. Dette har nå ført til at Vattenfall nå oppgrader kraftverket Juktan i Lule elv med et nytt pumpekraftverk. I Norge har Statkraft nå meldt til NVE at de ønsker å doble pumpekapasiteten i Saudal pumpekraftverk i Ulla Førre.

I Norge utgjør den uregulerbare vindkraften fremdeles en beskjeden andel. Men spesielt i det politiske miljøet er det ytre ønske om betydelige investeringer i vindkraftprosjekter og spesielt havvind. Et tall på 30 GW, som er mer enn den totale effekten i norske vannkraftverk, har vært nevnt. Hvis dette realiseres, er det all grunn til også å frykte for stabiliteten i det norske kraftsystemet. Dette vil kunne utløse ny utbygging av både effekt- og pumpekraftverk i Norge. Situasjonen har nå begynt å røre på seg. Hydro **vurdert** et større pumpekraftverk på Rjukan og Statkraft planlegger nå effektutvidelser i flere sine kraftverk i Sør-Norge.

Når det påstås at vindkraft passer godt inn i det norske kraftsystemet, er det vanskelig å forstå når vi ser hva som skjer rundt oss. Både systemkostnadene og faren for kollaps i kraftsystemet øker.

Realistisk sett har vi kun 5 energikilder dersom vi ønsker et stabilt kraftsystem med lavest mulige kostnader. Det er gass, kull-, olje- og kjernekraft, samt regulerbar vannkraft. Hvis de 3 første ikke er aktuelle av klimahensyn, står vi igjen med 2:

Regulerbar vannkraft og kjernekraft

Denne epistelen forsøker kun å minne om at i virkeligheten er ikke alt like enkelt. Det er lett å overse det man ikke vet, men konsekvensene vil alltid gjelde.