



NVE

ANALYSE OG FRAMSKRIVNING AV

# KRAFTPRODUKSJON I NORDEN TIL 2040

Oktober 2019 Nr. 43/19



# Rapport, bokmål nr 43-2019

## Kraftproduksjon i Norden til 2040

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat  
**Redaktør:** Ann Myhrer Østenby  
**Forfatter:** Carl Andreas Veie, Maria Sidelnikova, Seming Skau, Valentin Johannes Koestler, Nikolai Yde Aksnes, Jarand Hole, Fredrik Arnesen, Christine Birkeland

**Trykk:** NVEs hustrykkeri  
**ISBN:** 978-82-410-1941-8  
**ISSN:** 1501-2832

**Sammendrag:** Våre analyser gir en total kraftproduksjon i Norden i 2019 på omtrent 420 TWh. Dette anslår vi at øker til i overkant av 510 TWh i 2040. Mesteparten av den nye produksjonen kommer fra vindkraft, men vannkraft vil fortsatt være den dominerende produksjonsteknologien i 2040, slik den er i dag. Etter vannkraft er det kjernekraft som gir det største bidraget til kraftproduksjonen i Norden i dag, med opp mot 80 TWh årlig produksjon. I 2040 ventes vindkraftproduksjonen å bidra med vesentlig mer produksjon enn kjernekraften.

**Emneord:** kraftproduksjon, vannkraft, vindkraft, solkraft, kjernekraft, fossil kraft, biokraft

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Epost: [nve@nve.no](mailto:nve@nve.no)  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

16.10.2019



NVE

ANALYSE OG FRAMSKRIVNING AV

# KRAFTPRODUKSJON I NORDEN TIL 2040

Oktober 2019

**PROSJEKTLEDER/REDAKTØR:**

Ann Myhrer Østenby

**FORFATTERE:** Carl Andreas Veie,

Maria Sidelnikova, Seming Skau,

Valentin Johannes Koestler, Nikolai Yde

Aksnes, Jarand Hole, Fredrik Arnesen,

Christine Birkeland

**SEKRETARIAT:**

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29

Postboks 5091 Majorstuen

0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

## Innhold

1 Kraftsystemet er i rask utvikling	5
2 Ny vannkraftproduksjon - hovedsakelig i Norge	9
3 Vindkraft forventes å utgjøre den største andelen av ny kraftproduksjon til 2040	14
4 Solkraft vokser raskt	20
5 Sverige legger ned kjernekraft, mens Finland bygger ny	23
6 Fossil kraftproduksjon i Norden fases ut	25
7 Analysene tilsier økning i nordisk kraftproduksjon fram til 2040	28
8 Referanseliste	29
9 Vedlegg: Tabeller med NVEs framskrivninger	31



# Forord

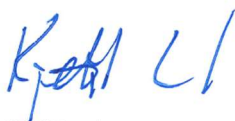
NVE har et særlig ansvar for å søke og forstå den langsiktige utviklingen i energi- og kraftbalansen i Norge. Vi skal levere gode og oppdaterte analyser av energi- og kraftsystemet. Den årlige langsiktige kraftmarkedsanalysen vi publiserer er kjernen i dette arbeidet. I den langsiktige kraftmarkedsanalysen forutsettes det et utfallsrom for framtidig kraftteterspørsel og –produksjon, før det gis et anslag på en bane for kraftprisen i årene framover.

I denne produksjonsframskrivningsrapporten legger vi fram forutsetningene for NVEs langsiktige kraftmarkedsanalyse 2019. Vi har framskrevet det nordiske, og spesielt det norske, kraftproduksjonsapparatet. Vi har gjort vurderinger av produksjonen for hver enkelt teknologi i hvert av de nordiske landene, unntatt Island. Analysen er gjort innenfor dagens rammevilkår og ut fra den kunnskap om teknologiutvikling, prisutvikling og øvrige lands energipolitikk vi har i dag. I framskrivningene er årene 2022, 2025, 2030 og 2040 representert. En framskrivning langt fram i tid vil alltid innebære betydelig usikkerhet.

Den til enhver tid gjeldende energi- og konsesjonspolitikken i Norge og de nordiske landene påvirker hva som vil realiseres av ny kraftproduksjon de neste tiårene. Innretningen på energipolitikken framover er ikke en del av NVEs analyser. Denne analysen må derfor sees på som en illustrasjon av mulighetsrommet for ny produksjon ut fra teknologikostnader og utviklingen i kraftmarkedet.

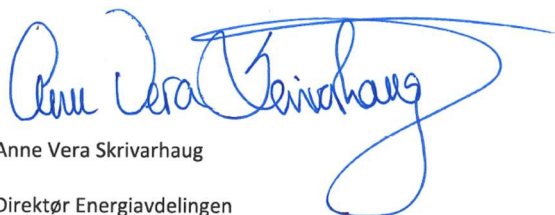
Rapporten er en del av forutsetningene i NVEs langsiktige kraftmarkedsanalyse 2019-2040. God lesning!

Oslo, oktober 2019



Kjetil Lund

Vassdrags- og Energidirektør



Anne Vera Skrivarhaug

Direktør Energiavdelingen

## Sammendrag

I år har vi gjort en større jobb enn tidligere på å framskrive det nordiske, og spesielt det norske, kraftproduksjonsapparatet fram til 2040. Dette er en del av underlaget til vår langsiktige kraftmarkedsanalyse 2019. Vi har gjort vurderinger av produksjonen for hver enkelt teknologi i hvert av de nordiske landene, unntatt Island. Fram til 2022 kan vi med ganske stor sikkerhet si noe om hvordan det nordiske kraftproduksjonssystemet vil se ut, mens etter dette er utviklingen svært usikker.

### NETTO ØKNING I KRAFTPRODUKSJON PÅ NÆRMERE 100 TWh FRAM MOT 2040

Våre analyser gir en total kraftproduksjon i Norden i 2019 på omtrent 420 TWh. Dette anslår vi at øker til i overkant av 510 TWh i 2040. Mesteparten av den nye produksjonen kommer fra vindkraft, men vannkraft vil fortsatt være den dominerende produksjonsteknologien i 2040, slik den er i dag. Etter vannkraft er det kjernekraft som gir det største bidraget til kraftproduksjonen i Norden i dag, med opp mot 80 TWh årlig produksjon. I 2040 ventes vindkraftproduksjonen å bidra med vesentlig mer produksjon enn kjernekraften.

Vannkraft	Vindkraft	Kjernekraft	Biokraft	Solkraft	Fossil kraft	Annen termisk kraft
219 TWh	53 TWh	78 TWh	22 TWh	1 TWh	27 TWh	21 TWh
6 %	205 %	- 41 %	- 41 %	1624 %	- 44 %	- 55 %
232 TWh	161 TWh	46 TWh	31 TWh	21 TWh	15 TWh	9 TWh

Figur 1: Viser utvikling i nordisk kraftproduksjon per teknologi fra 2019-2040

### VANNKRAFT HAR FORTSATT HØYEST PRODUKSJONSANDEL I 2040

Vannkraft utgjør i dag litt over 50 prosent av den totale kraftproduksjonen i Norden, hvorav omtrent 2/3 av vannkraftproduksjonen er bygget i Norge. Omtrent det samme forholdet gjelder i 2040. Det nordiske kraftproduksjonssystemet er dermed sterkt dominert av vannkraft, og vil være det også framover. Med nye mål om utfasing av fossil kraftproduksjon og etter hvert mulig nedleggelse av kjernekraft i Sverige, ventes den regulerbare vannkraftens rolle i det nordiske kraftsystemet å bli enda viktigere.

### ØKT TILSIG GIR ØKT VANNKRAFTPRODUKSJON

Ut fra observert historisk tilsig ser vi at det allerede de siste tiårene har blitt en økning i vannkraftproduksjon i forhold til tidligere, som følge av økt tilsig til kraftverkene. Hvorvidt økningen i tilsig skyldes klimaendringer, eller om det er naturlige variasjoner som er årsaken, er ikke mulig å fastslå ut fra en tidsperiode på noen tiår. Vi ser imidlertid samme trend i de klimaframskrevne tilsigsseriene vi modellerer med. Derfor har vi lagt til et klimapåslag i tilsiget som gir en produksjonsøkning på 3,5 TWh i Norge i 2019, og en ytterligere produksjonsøkning på i underkant av 3 TWh fram til 2040.

### OPPRUSTING OG UTVIDELSER AV NORSKE VANNKRAFTVERK BIDRAR TIL ØKT PRODUKSJON

Vi har vurdert at i overkant av 5 TWh ny kraft i form av opprustinger og/eller utvidelser av norske vannkraftverk kan bli bygget ut fram mot 2040. Dette er omtrent like mye som har kommet de siste 20 årene. Opprustinger er grep som gjøres uten at man utnytter mer vann. Utvidelser er tiltak der mer vann eller et nytt fall blir utnyttet. Selv om det fortsatt må

utvidelser til for å øke produksjonen vesentlig i et vannkraftverk, oppjusterer vi nå anslaget på hvor mye kraft som kan komme som følge av rene opprustinger. Mengden ny kraft som følge av opprusting og utvidelser er blant annet avhengig av kraftpriser, skatteregler og andre rammebetingelser.

### INSTALLERT VINDKRAFT ØKER RASKERE ENN TIDLIGERE ANTATT

Hvor mye vindkraft som bygges framover er usikkert. Våre analyser tyder på at vindkraft er en konkurransedyktig produksjonskilde i alle de nordiske landene, ut fra utviklingen i teknologi, fallende utbyggingskostnader og kraftprisene framover. I våre naboland forventer myndighetene stor utbygging av vindkraft framover. Samtidig vil energi- og konsesjonspolitikken i de enkelte landene ha stor betydning for hva som faktisk vil bli bygget ut. Vi har laget tre scenarier for vindkraftutbygging i Norge, for å reflektere mulige utviklinger. Disse gir et utfallsrom på 19-38 TWh vindkraft i Norge i 2040.

### SOLKRAFT VOKSER RASKT GJENNOM HELE ANALYSEPERIODEN

Allerede i dag vokser solkraften raskt, men mengden kraft som produseres er fortsatt lav. Usikkerheten er stor, og det er krevende å vurdere utviklingen av et marked i sterk vekst. Solkraft installeres hos sluttbrukere hvor redusert strømkostnad er et viktig insentiv for å investere. Vi har lagt til grunn at utviklingen i Norge blir nokså lik utviklingen i Danmark og Sverige.

### UTFASING AV KJERNEKRAFT FÅR STOR INNVIRKNING PÅ KRAFTSYSTEMET

Hvor mye kjernekraft som er tilgjengelig har en sterk påvirkning på kraftsystemet i Norden. Kjernekraft kan fungere som en viktig grunnlastkilde i kraftsystemer med mye uregulerbar sol- og vindkraftproduksjon. Sverige har ikke politisk vedtatt at kjernekraften skal stenge ned, men det er heller ikke planer om reinvestering av kjernekraftverkene ved endt teknisk levetid. I Finland er det derimot planlagt å sette i drift to nye kjernekraftreaktorer innen utløpet av vår analyseperiode. Vi har anslått at det fortsatt vil være kjernekraft i Norden i 2040, men at den reduseres fra dagens 78 TWh til 46 TWh.

### ENERGIPOLITIKK KAN PÅVIRKE ENDRINGER I KRAFTPRODUKSJON

Sverige og Danmark har begge mål om en 100 prosent fornybar kraftproduksjon i 2040, mens Finland planlegger å bli karbonnøytralt innen 2035. For å framskrive kraftproduksjonen mot 2040 har vi brukt det samme analyseunderlaget som landene har brukt i sine foreløpige energi- og klimaplaner til EU. Der myndighetene i de ulike landene har utgitt mer oppdaterte analyser etter levering av foreløpige planer, har vi brukt disse. For Norge har vi basert våre framskrivninger på eksisterende utbyggingsplaner og kunnskap om kostnadsutvikling og potensialer.

De energipolitiske virkemidlene for å nå energi- og klimamålene til de nordiske landene, innebærer at andelen fossil kraftproduksjon reduseres. Allerede nå skjer dette ved at noen kraftverk legges ned og at noen kraftverk erstatter det fossile brenselet med biobrensel.

# I Kraftsystemet er i rask utvikling

Kraftsystemet i Norden og Europa er i endring og det gjøres store investeringer i ny kraftproduksjon. Produksjonsteknologier med uregulert kraftproduksjon, som sol- og vindkraft, kan bygges mye raskere enn mer tradisjonelle teknologier som vannkraft og kjernekraft, og vi ser en økning i ny desentralisert produksjon. Norden har ett sammenhengende kraftsystem og endringer i et av landene påvirker de andre landene.

Analysen vår peker mot sterk vekst i den fornybare kraftproduksjonen i Norden framover. Etterspørselen etter strøm kan øke hvis flere av samfunnets funksjoner skal elektrifiseres, og fornybar kraft skal erstatte fossile energikilder som tradisjonelt har produsert mye kraft.

Allerede nå øker andelen uregulerbar kraft i det nordiske kraftsystemet ved at vindkraft erstatter fossil kraftproduksjon og kjernekraft. Dette øker behovet for forbruksfleksibilitet og lagringsmuligheter. At det tradisjonelle kraftsystemet i Norden har vannkraft som rygggrad, vil gjøre en omlegging til mer fornybar kraftproduksjon lettere. I alle våre scenarioer vil vannkraft være den viktigste energikilden i det nordiske kraftsystemet også i 2040.

Det er usikkert hvor stort innslaget av nye produksjons- og energilagringsformer vil bli, men ny teknologi gir nye muligheter og utfordrer måten energisystemet, og kraftmarkedet, virker. Ettersom mye kan se annerledes ut om 20 år er det krevende å modellere og framskrive kraftproduksjonen i Norden til 2040.

I vår framskrivning av kraftproduksjon til 2040 har vi hovedsakelig lagt til grunn dagens rammevilkår og betingelser, og basert analysene på prosjekter, planer, potensialer, teknologi- og kostnadsutvikling innenfor de ulike produksjonsteknologiene. For solkraft har vi antatt at dagens støtteordning i Norge utgår mellom 2025 og 2030. Kraftprisene framover vil bety mye for hvor mye kraft som blir bygget ut og lagt ned. Avgjørelsene blir tatt av kommersielle aktører under usikre forutsetninger. Dette kan påvirke kraftproduksjonen i framtiden.

## 1.1 Det langsiktige bildet er usikkert, mens det kortsiktige bildet er kjent

Vi kan med ganske stor sikkerhet si noe om hvordan det nordiske kraftproduksjonssystemet vil se ut til 2022. Fram til da har vi god oversikt over hva som bygges og planlegges. Etter 2022 er analysen heftet med langt større usikkerhet. Blant de store usikkerhetene er utvikling i energi- og klimapolitikken, teknologiutvikling og hvilken effekt klimaendringene får på kraftsystemet. Vi ser eksempelvis at kostnadsreduksjonen i energilagring og vind- og solkraft gjør at en omlegging fra fossil kraftproduksjon til ren og fornybar kraft kan skje raskere enn tidligere antatt (NVE, 2019). I dag er det konkurransedyktig å bygge vindkraft i Norge uten subsidier. Samtidig vil målene i energipolitikken framover, rammene som legges for konsesjonsbehandlingen av nye prosjekter, øvrige rammebetingelser og forventningene til framtidige kraftpriser legge grunnlaget for hva som kan bygges ut.

Som i Norge, er det også i våre naboland en økende motstand mot vindkraftutbygging, noe som øker usikkerheten om hvor stor utbygging blir i årene framover.

## 1.2 Myndighetenes analyser ligger til grunn for nordiske framskrivinger

Siden EU-kommisjonen i 2016 la fram sin plan «Clean Energy for All Europeans», har EU vedtatt endelige energi- og klimamål for 2030. EU skal styre etter følgende mål for 2030: 40 prosent reduksjon i klimagassutslipp sammenlignet med 1990-nivå, 32,5 prosent



energieffektivisering og 32 prosent fornybarandel. Alle medlemsland skal bidra til at målene nås kollektivt for EU. For å sikre framdrift mot målene har EU vedtatt en forordning om et styringssystem, som forplikter de enkelte medlemslandene til å levere en integrert nasjonal energi- og klimaplan (NECP) for perioden 2021 til 2030. EU-kommisjonen har offentliggjort medlemslandenes foreløpige energi- og klimaplaner. De endelige planene skal leveres i desember 2019.

For å vurdere framtidig kraftproduksjon i Sverige, Danmark og Finland har vi brukt samme analyseunderlag som myndighetene har brukt i sine foreløpige energi- og klimaplaner. Der myndighetene har utgitt mer oppdaterte analyser etter levering av foreløpige planer, har vi brukt dem. Rapportene vi har brukt går lenger enn til målsetingsåret 2030, og vi har derfor kunnet framskrive kraftproduksjon til 2040 for alle de nordiske landene.

Når myndighetene har gitt et utfallsrom for utbygging har vi lagt oss i midten av utfallsrommet, med mindre andre vurderinger er presisert i analysene. Dette gjelder spesielt for Sverige, som i sin foreløpige energi- og klimaplan brukte analyseunderlag fra 2016, men som i planen opplyser at dette vil oppdateres med det nyeste underlaget til endelig leveranse. Vi har brukt Energimyndighetens oppdaterte analyse fra 2018, som var den mest oppdaterte på tidspunktet vi gjorde analysen. For Danmark har vi brukt analyser fra Energistyrelsen og for Finland analyser fra Arbeids- og næringsdepartementet.

Oppsummering av våre nordiske nabolands rapporter tilsier at det vil bli bygget ut mye ny kraftproduksjon i Norden i årene framover. Sverige, Finland og Danmark planlegger til sammen en nettovekst i sin produksjonskapasitet på 66 TWh fra i dag fram til 2040, etter at kjernekraft og fossil kraftproduksjon på totalt 45 TWh er faset ut.

For Norge har vi basert våre framskrivninger på eksisterende utbyggingsplaner og kunnskap om kostnadsutvikling og potensialer. Vi har forsøkt å vurdere hva som kan være et mulig utfallsrom for ny kraftproduksjon i Norge.

### 1.3 Sverige og Danmark har mål om fossilfri kraftproduksjon

Sverige og Danmark har begge politiske mål om en 100 prosent fornybar kraftproduksjon. I 2016 satt Sverige, ved Energooverenskommelsen, seg et politisk mål om å ha 100 prosent fornybar kraftproduksjon i 2040 (Regeringskanseliet, 2016). Danmarks Folketing vedtok en energiaftale i juni 2018 (Energi, Forsynings- og Klimaministeriet i Danmark, 2018) om at dansk kraftproduksjon skal være kullfri i 2030 og fossilfri i 2050.

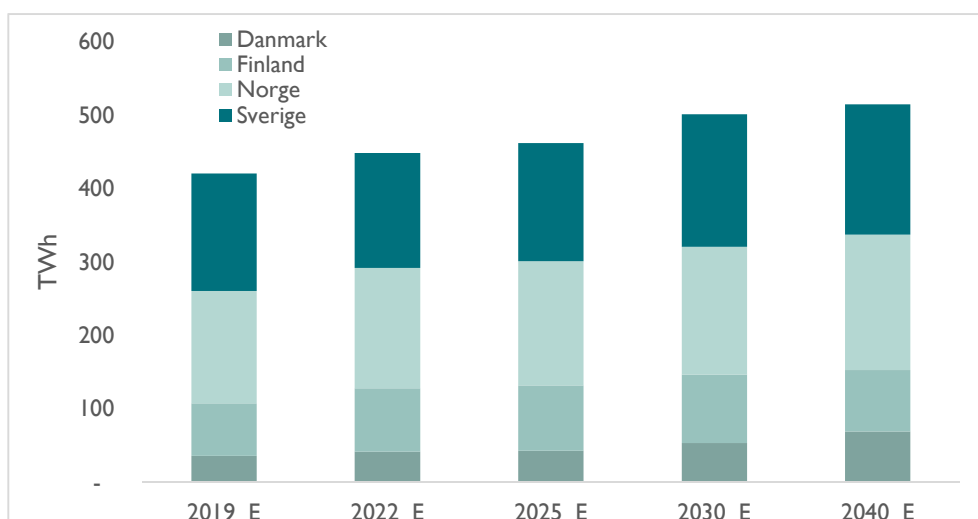
Den finske regjeringen vedtok våren 2019 at Finland skal bli et karbonnøytralt land innen 2035 (The Finnish Government, 2019). Dette kom i tillegg til klimaendringsloven fra 2015. For å nå disse målene skal kraftproduksjon basert på fossile kilder og torv fases ut og erstattes med fornybare kilder. Det er et ønske om en rask økning i vind- og solkraft. Finlands mål om karbonnøytralitet kom etter at analysene våre ble utført, og ligger derfor ikke til grunn for våre framskrivninger.

De politiske målene peker mot en stor utbygging av fornybar energi til erstatning for termisk kraftproduksjon i årene framover. I Sverige vil fornybar kraft erstatte deler av kjernekraften når den legges ned. I Danmark og Finland lyser myndighetene ut auksjoner for fornybar kraftproduksjon, som skal bidra til å nå de nasjonale målene om å kutte klimagassutslipp. Samtidig legger Sverige, Danmark og Finland ned fossile kraftkilder, eller konverterer fra fossilt brensel til biobrensel. Mesteparten av den fornybare kraftproduksjonen som planlegges er uregulerbar og det gjør at mer installert kapasitet må inn i kraftsystemet enn det som legges ned for å dekke samme etterspørsel.

Norge har ikke noe nytt fornybarmål utover 67,5 prosent fornybarandel i 2020.

## I.4 Kraftproduksjonen i Norden domineres av vannkraft

Vannkraft utgjør litt over 50 prosent av den totale kraftproduksjonen i Norden. Det nordiske kraftproduksjonssystemet er dermed sterkt dominert av vannkraft og sånn har det vært i over hundre år. Omtrent 2/3 av Nordens vannkraftproduksjon er i Norge, og dette vil også være tilfellet i 2040.



Figur 2: NVEs framskrivning av kraftproduksjon i Norden fram mot 2040

Total kraftproduksjon i Norden i 2019 forventes å være omtrent 420 TWh. Våre analyser gir en økning i kraftproduksjon i Norden på rundt 22 prosent, slik at totalproduksjonen ligger i overkant av 510 TWh i 2040.

Vannkraft	Vindkraft	Kjernekraft	Biokraft	Solkraft	Fossil kraft	Annen termisk kraft
219 TWh	53 TWh	78 TWh	22 TWh	1 TWh	27 TWh	21 TWh
6 %	205 %	- 41 %	41 %	1624 %	- 44 %	- 55 %
232 TWh	161 TWh	46 TWh	31 TWh	21 TWh	15 TWh	9 TWh

Figur 3: Utvikling i nordisk kraftproduksjon fordelt på teknologi fra 2019 til 2040

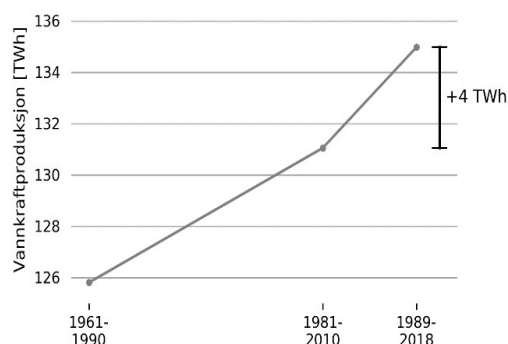
Etter vannkraft er det kjernekraft som i dag gir det største bidraget til kraftproduksjonen i Norden, med opp mot 80 TWh årlig produksjon. Vindkraft følger deretter med omtrent 50 TWh årlig kraftproduksjon. Til 2040 tilsier NVEs analyse at vindkraften kommer til å bidra med vesentlig høyere produksjon enn kjernekraften. Solkraft har også en betydelig vekst i følge analysen, men fra et lavt nivå.

Med nye mål om utfasing av fossil kraftproduksjon, og mulig nedleggelse av kjernekraft i Sverige ved endt teknisk levetid, ventes den regulerbare vannkraftens rolle i det nordiske kraftsystemet å bli enda viktigere.

## 1.5 Økt tilsig gir mer kraftproduksjon i norske vannkraftverk

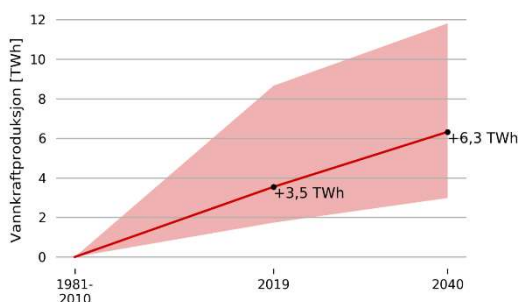
Vannkraftproduksjonen i Norge har de siste årene økt betydelig som følge av at vi har sett en økende trend i tilsiget til kraftverkene. Dette har vi tatt hensyn til i framskrivningene våre. Tilsiget til vannkraftsystemet har historisk variert mye fra år til år.

For å studere hvilken betydning det økte tilsiget har for kraftproduksjonen har vi sett på dagens utbygde vannkraftverk og vurdert hvordan kraftproduksjonen endrer seg når ulike historiske perioder for tilsig legges inn i modellen. Tendensen er at tilsigsendringene gir økende produksjon over tid. Selve produksjonsapparatet for vannkraft er altså lik i alle analysene vi har gjort for å studere endringene i tilsig. Sammenlikner vi observert tilsig for periodene 1981-2010 og 1989-2018, gir modellene våre en produksjonsøkning i de vannkraftverkene som finnes i Norge i dag på omtrent 4 TWh. Dette er vist i Figur 4.



Figur 4: Modellert vannkraftproduksjon i Norge for eksisterende vannkraftverk i 2019 med observert tilsig

Hvor stor del av økningen i tilsig som skyldes klimaendringer, og hvor stor del som skyldes naturlige variasjoner, er ikke mulig å fastslå ut fra en så kort periode, men det er svært sannsynlig en kombinasjon av disse to. Vi ser samme trend i de klimaframskrevne tilsigsseriene, som i observert tilsig. Se Figur 5.



Figur 5: Klimamodellert energitilsig i Norge. Det skraverte området viser utfallsrommet mellom klimamodellene som er benyttet i analysen

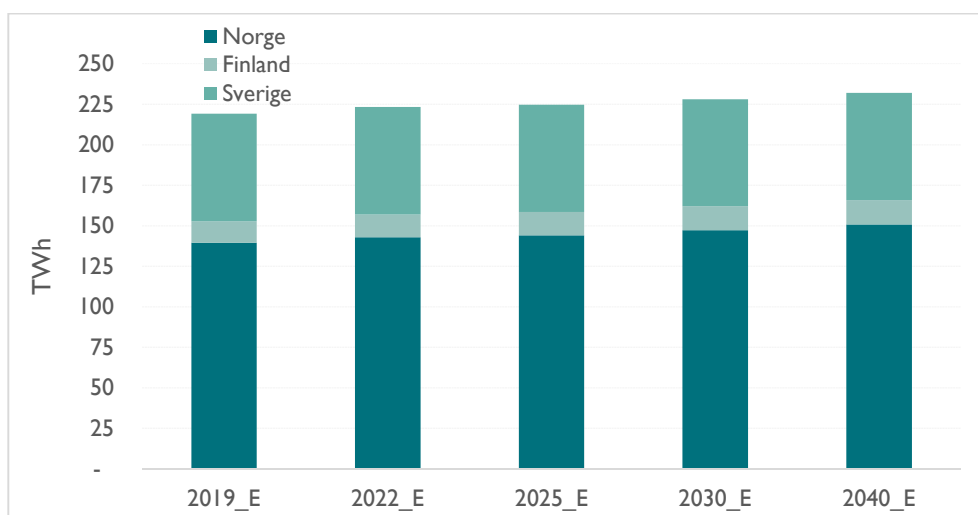
Våre klimaframskrevne tilsigsserier gir i størrelsesorden 3,5 TWh mer vannkraftproduksjon i Norge i 2019 sammenlignet med referanseperioden 1981-2010. 1981-2010 er perioden NVE i dag bruker for å beregne midlere årsproduksjon til norske vannkraftverk.

Vi har derfor lagt på et klimapåslag i tilsiget som tilsvarer en produksjonsøkning på 3,5 TWh i 2019, for å ta høyde for at vi allerede i dag får mer vann inn til kraftverkene. I 2040 har NVE gjort analyser med et klimaframskrevet tilsig som viser at vannkraftproduksjonen i de eksisterende kraftverkene i Norge kan komme til å øke med ytterligere 2,8 TWh i forhold til 2019-nivået. Dette gir en økt vannkraftproduksjon i Norge på 6,3 TWh til 2040, sammenliknet med referanseperioden 1981-2010.

Utover århundret viser analysene at vannkraftverkene kan få mer nyttbart tilsig gjennom året. I tillegg kan tilsiget av vann komme på andre tider av året enn før. Dette vil bidra til både økt produksjonsevne i enkelte kraftverk, men kan også føre til mer tapt vann i andre kraftverk. Klimaendringer kan også føre til større og hyppigere flommer som kan by på utfordringer og endrede kjøremønstre for vannkraftverkene. Dette er ikke tatt hensyn til i produksjonsframskrivningene. Det er stor usikkerhet knyttet til hvor raskt og hvor mye klimaet endrer seg.

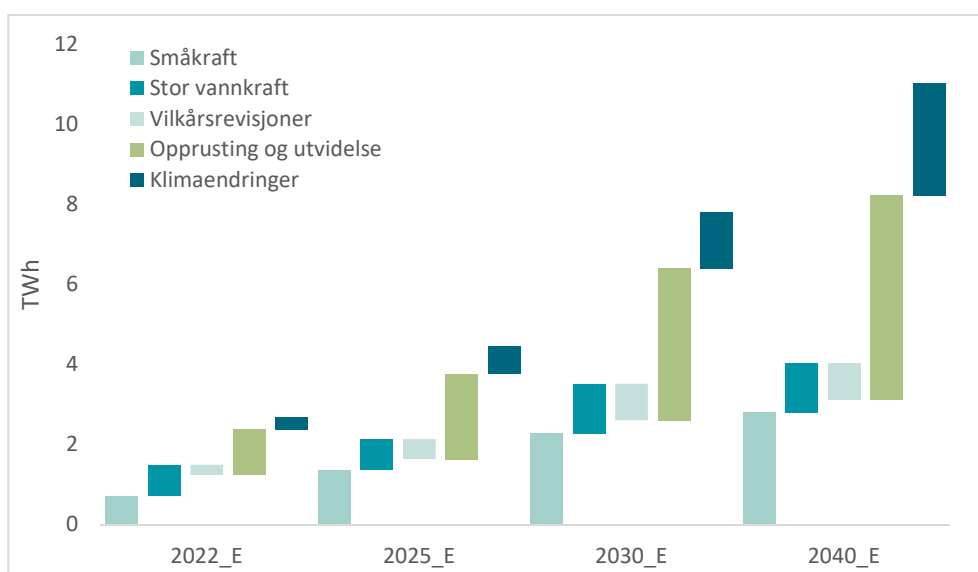
## 2 Ny vannkraftproduksjon - hovedsakelig i Norge

### 2.1 Anslår total vannkraftproduksjon i Norden på i overkant av 230 TWh i 2040



Figur 6: Vannkraftproduksjonen i Norden ventes å øke med ca. 13 TWh til 2040. Økningen skjer hovedsakelig i Norge

Totalt har NVE vurdert at det kan komme opp mot 13 TWh netto ny vannkraftproduksjon i Norden mellom 2019 og 2040, noe som også inkluderer økning i produksjon som følge av økt tilsig. I analysen ser det ut til at 11 TWh av dette kan komme i Norge og vil være fordelt på ulike kategorier, som vist i Figur 7. Dette er omtrent like mye som har blitt bygget de siste 20 årene.



Figur 7: Forventet ny vannkraftproduksjon i Norge fra 2019 til 2022, 2025, 2030 og 2040.

Lønnsomhet er beregnet med kalkulasjonsrente på 6 prosent, driftskostnad på 7 øre/kWh og levetid på 40 år. Kraftverkenes utbyggingskostnader er hentet fra konsesjonssøknadene og indeksjustert til 2018-tall ved hjelp av vannkraftindeksen.

## 2.2 Utbyggingen av småkraftverk vil fortsette – men vi forventer at utbyggingshastigheten avtar

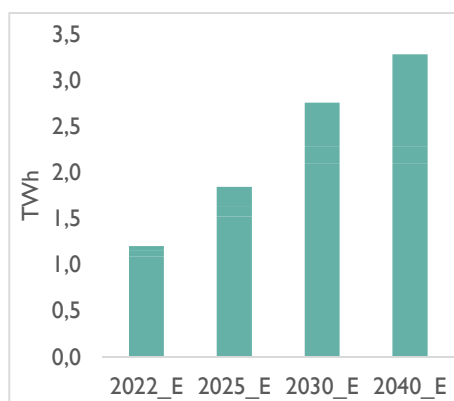
I dag er det bygget ut om lag 11 TWh småkraft i Norge. Det er gitt mange konsesjoner de siste årene, og et mindre antall konsesjonssøknader er fortsatt til behandling. NVE har også kartlagt et teknisk-økonomisk potensial utover dette. Ut fra våre analyser forventer vi at småkraftutbyggingen vil avta. Fram til 2040 anslår vi at det vil komme mellom 3 og 4 TWh ny småkraft. Hvor stor småkraftutbyggingen blir, vil avhenge av flere forhold, blant annet:

**Lønnsomheten til potensielle småkraftprosjekter,** som igjen avhenger av framtidig kraftpris. I vår framskriving har vi kun lagt til grunn at småkraftprosjekter som ville vært lønnsomme med basisprisbanen fra NVEs kraftmarkedsanalyse 2018 vil bli bygget.

**Hvor mange av de gitte konsesjonene som blir bygget:** Det finnes i dag flere ubrukte småkraftkonsesjoner som løper ut innen 2020, og som det er vist lite interesse for å bygge ut. Dette kan endre seg, for eksempel dersom konsesjonene får fristforlengelse, eller dersom nye investorer med andre krav til tilbakebetaling viser fornyet interesse for disse prosjektene.

**Konsesjon:** Av de småkraftsøknadene som ble behandlet mellom 2015 og 2019, var det 44 prosent som fikk konsesjon. I vår analyse er dette lagt til grunn for framskrivingen. Det er ikke sikkert at dette vil bli resultatet av kommende konsesjonsprosesser. Utfallsrommet på 3-4 TWh representerer hvor mye småkraft som kan komme, dersom det blir gitt konsesjon til mellom 30 og 60 prosent av alle småkraftsøknader fram mot 2040.

**Nett:** Mange av de potensielle prosjektene ligger i områder med dårlig nettkapasitet. Det er grunn til å tro at ikke alle disse vil bli bygget, selv om de både skulle være lønnsomme og ha konsesjon.



Figur 8: Framskriving av ny småkraftproduksjon i Norge fram mot 2040. Grafene viser kumulativ økning av ny produksjonskapasitet fra 2019

## 2.3 Opprusting og utvidelse av eksisterende vannkraftverk bidrar til økt kraftproduksjon

De siste 20 årene har omtrent halvparten av norsk vannkraftproduksjon gjennomgått en eller annen form for opprusting eller utvidelse (O/U). NVE har registrert over 200 slike prosjekter i tidsrommet mellom 1998 og 2019. Prosjektene har i denne tidsperioden bidratt med en samlet produksjonsøkning på om lag 5 TWh ny kraftproduksjon.

I framskrivningene resulterer analysene i ytterligere 5,1 TWh ny kraftproduksjon mot 2040 som følge av opprusting og utvidelse av eksisterende vannkraftverk.

Omtrent halvparten av dette er knyttet til anslått effektivitetsøkning i forbindelse med nødvendige rehabiliteringer. Den andre halvparten er basert på kjente O/U-prosjekter. Vi har tatt utgangspunkt i dagens rammebetingelser, kraftsystem og aktuelle prosjekter NVE kjenner til.

**Opprusting** er tiltak som ikke krever at man utnytter mer vann eller et nytt vannfall. Eksempler på opprusting er å bytte ut komponenter på grunn av alder, redusere tap, modernisere og automatisere kraftverk. Dette øker den totale virkningsgraden, reduserer driftsutgiftene og forbedrer driftssikkerheten.

**Utvidelse** innebærer for eksempel å utnytte mer av tilsiget, større fallhøyde, økt magasinkapasitet eller at mer vann blir overført fra andre elver.



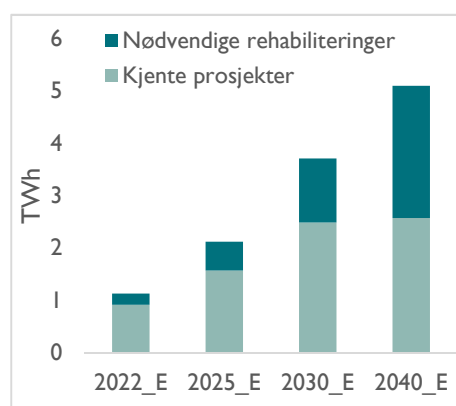
Nødvendige rehabiliteringer kan komme i form av reinvesteringer i maskin- og elektrotekniske komponenter. Dette gir en effektivitetsøkning som kan øke kraftproduksjonen. Hvis man skifter ut maskin- og elektrotekniske komponenter i alle vannkraftverk der dette ikke er gjort i løpet av de siste 20 årene, kan det utgjøre i størrelsesorden 2,5 TWh ny kraftproduksjon. Det største forbedringspotensialet ligger i oppgradering av turbiner, særlig i vannkraftverk som ble bygget mellom 1950-80.

Den andre halvparten av produksjonsøkningen fram mot 2040 er basert på en vurdering av potensielle O/U-prosjekter som NVE kjenner til, og summerer seg til 2,6 TWh. Dette

innebærer totalt 1,4 TWh med prosjekter som allerede er under bygging eller har fått konsesjon. Vi har antatt at alt dette bygges. Resten er basert på prosjekter som er under konsesjonsbehandling nå og konkrete O/U-prosjekter som er kjent gjennom tidligere kartlegginger. Dette kan gi 1,2 TWh innen 2040, men det vil være avhengig av hvor mange av prosjektene som er under behandling som får konsesjon.

Hvor mye ny kraftproduksjon som vil realiseres i form av opprustings- og utvidelsesprosjekter fram mot 2040 er usikkert, og vil være avhengig av flere forhold. Slike forhold kan endres fram i tid, og påvirke størrelsen på utbyggingen. Eksempler på dette er:

- Framtidige kraftpriser og verdien av fleksibilitet
- Klimaendringer
- Skatte- og avgiftsregler
- Verneområder



Figur 9: Anslag på produksjonsøkning på 5,1 TWh ny kraftproduksjon på grunn av opprusting og utvidelse av vannkraftverk fram mot 2040. Grafene viser kumulativ økning av ny produksjonskapasitet fra 2019

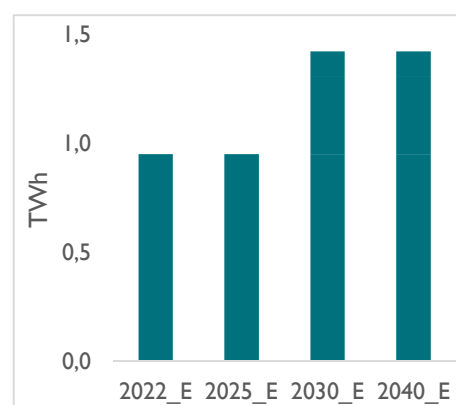
Kartleggingen fra «Samlet plan for vassdrag» og prosjekt om opprusting og utvidelse av vannkraftverk som ble gjennomført i perioden 1986-1993 ligger til grunn for disse tallene.

## 2.4 NVE forventer en begrenset utbygging av nye, store vannkraftverk til 2040

Fram mot 2040 viser analysen at det kan komme 1,3 TWh ny kraftproduksjon i form av nye, store vannkraftutbygginger over 10 MW. Om lag en tredjedel av dette vil være regulerbare vannkraftverk.

0,8 TWh er allerede under bygging og vil være bygget ut innen 2022. Prosjekter som er under behandling eller som allerede har fått konsesjon utgjør 0,5 TWh. Sistnevnte er forventet å bli bygget mellom 2025 og 2030. Det er tatt høyde for hvor lang tid det tar å detaljplanlegge og bygge et stort vannkraftverk og for at konsesjonene har en frist for byggestart på fem år.

Det finnes et teknisk potensial for å bygge ut store vannkraftverk utover de konsesjonsgitte prosjektene og prosjektene som er under behandling. Av det potensialet NVE kjenner til utover det som allerede er en del av konsesjonssystemet, er det sannsynlig at få eller ingen er aktuelle å realisere på grunn av høye kostnader og/eller mulige konflikter med andre



Figur 10: Anslag for ny vannkraft over 10 MW fram mot 2040. Grafen viser kumulativ økning av ny produksjonskapasitet fra 2019

interesser. Vi vil selvsagt ikke utelukke at utbyggere kan finne gode vannkraftprosjekter utover det vi har inkludert i vår framskrivning, men i analysen er det ikke inkludert noen videre utbygging av store vannkraftverk etter 2030.

## 2.5 Det blir mange revisjoner av konsesjonsvilkår de neste årene

Norge er forpliktet til å følge EUs rammedirektiv for vann. Revisjon av konsesjonsvilkår for vannkraftverk er et sentralt virkemiddel for å forbedre miljøtilstanden i norske vassdrag, som er et hovedmål i vannforskriften.

De neste årene kommer myndighetene til å behandle et betydelig antall vilkårsrevisjoner. Dette vil påvirke produksjonsevnen til noen vannkraftverk, slik at det blir produsert mindre kraft fra disse kraftverkene. Hvor mye krafttap dette vil gi, vil avgjøres i myndighetenes behandling av disse sakene.

NVE har tidligere anslått et krafttap på om lag 1 TWh i perioden 2019-2030 knyttet til vilkårsrevisjoner (NVE, 2013). Denne vurderingen er lagt inn i vår produksjonsframskrivning. I anslaget fra 2013 ble alle vannkraftkonsesjoner som kan starte revisjon innen 2022 gjennomgått og prioritert. Det ble gitt høyest prioritet til vassdrag med stort potensial for forbedring av viktige miljøverdier, der det samtidig ble antatt lite eller moderat krafttap i forhold til forventet miljøgevinst. Krafttapet i de høyest prioriterte vassdragene ble i gjennomgangen fra 2013 anslått til om lag 1 – 2 TWh.

## 2.6 Økt tilsig påvirker vannkraftproduksjonen

Vi har lagt på et klimapåslag i tilsiget som tilsvarer en produksjonsøkning på 3,5 TWh i Norge i 2019 for å ta høyde for at vi allerede i dag ser at det kommer mer vann inn til kraftverkene, som beskrevet i kapittel 1.5.

For 2040 viser våre analyser at vannkraftproduksjonen i de eksisterende kraftverkene i Norge kan komme til å øke med ytterligere 2,8 TWh i forhold til 2019-nivået. Dette gir en økt vannkraftproduksjon i Norge på 6,3 TWh til 2040, sammenliknet med referanseperioden 1981-2010.

Produksjonsøkningen fra klimaframskrivningene er beregnet ved å ta utgangspunkt i dagens kraftproduksjonssystem, men med tilsigsserier som representerer framtidens klima. Vi har laget tilsigsserier basert på rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer m.fl, 2015). Rapporten beskriver hvordan klimaet i Norge kan utvikle seg ved ulike scenarioer for global utslippsøkning. Vi har valgt å basere våre framskrivinger på scenarioet som kalles «RCP 8.5». Scenarioet tilsvarer en global temperaturøkning på 4,5 °C i 2100, sammenlignet med førindustriell tid. Det er et stort utfallsrom for hvordan globale klimaendringer vil påvirke nedbøren og temperaturen i Norge, og dermed er det også et stort utfallsrom for hvor mye tilsiget til norske vannkraftverk vil endres som følge av klimaendringer. Dette utfallsrommet er vist i det røde, skraverte feltet i Figur 5. Usikkerheten knyttet til resultatene er dermed stor.

For Sverige forventer Svenska Kraftnät at tilsiget til vannkraftverkene kan endres som resultat av klimaendringer (Svenska Kraftnät, 2018) basert på analyser gjort av SMHI (svensk meteorologisk institutt). Resultatene deres viser at i det mest trolige klimascenariet vil vannkraftproduksjonen i Sverige øke med omlag 3 TWh fram til 2025 og med ytterligere 1,5 TWh fram til 2035. Sesongmønstrene er også forventet å endre seg, med høyere tilsig på vinteren og høsten og en tidligere vårflom, som i Norge. Vi har ikke inkludert klimapåslag for Sverige i vår framskrivning fordi det ikke er adressert i analysen til Energimyndigheten

I følge Stortingsmelding 33 fra 2013 er det ønskelig å være føre var når man arbeider med klimatilpasninger i Norge. Det vil si at høye alternativer bør legges til grunn når det er mulig. RCP 8.5 er det høye scenarioet i «Klima i Norge 2100». (Hanssen-Bauer m.fl, 2015)

(Energimyndigheten, 2018). I tillegg utgjør vannkraft i Sverige en mindre del av totalproduksjonen enn i Norge.

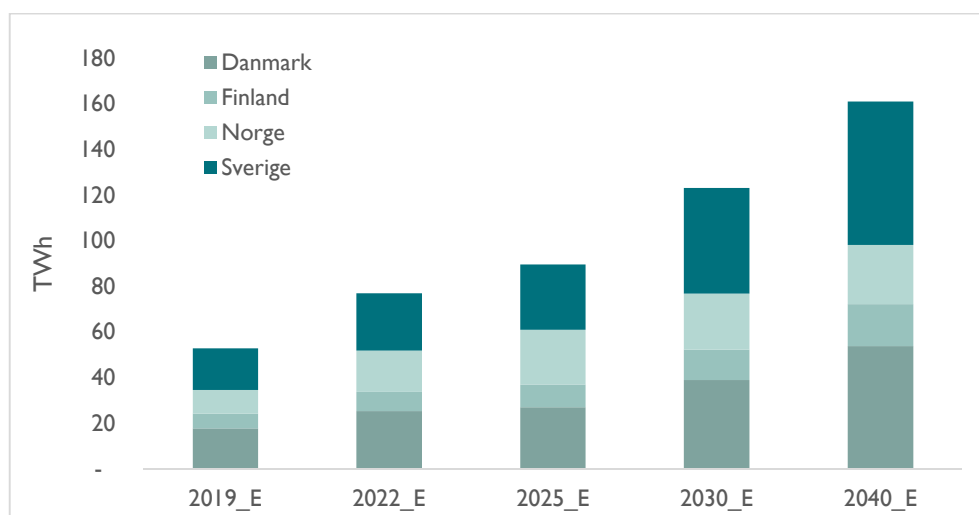
## 2.7 Begrenset økning i svensk og finsk vannkraftproduksjon

Vi antar en økning i vannkraftproduksjonen på 2 TWh i Finland til 2040. Totalproduksjon av vannkraft i Finland vil da være 15 TWh i 2040. Mye av dette forventer vi at kommer fra opprusting og utvidelser av eksisterende vannkraftverk (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2017).

Vi legger ikke til grunn noen økning i svensk vannkraftproduksjon fram mot 2040 (Energimyndigheten, 2018). I Sverige forventes det at det vil bli produsert mindre kraft på grunn av nye restriksjoner for driften av vannkraftverkene. Akkurat som i Norge vil dette bli fastsatt når gamle vannkraftkonsesjoner skal revideres. Vi forventer at krafttapet jevnes ut som følge av ny produksjon som kommer fra opprustings- og utvidelsestiltak.

## 3 Vindkraft forventes å utgjøre den største andelen av ny kraftproduksjon til 2040

### 3.1 Total vindkraftproduksjon i Norden er anslått til 160 TWh i 2040

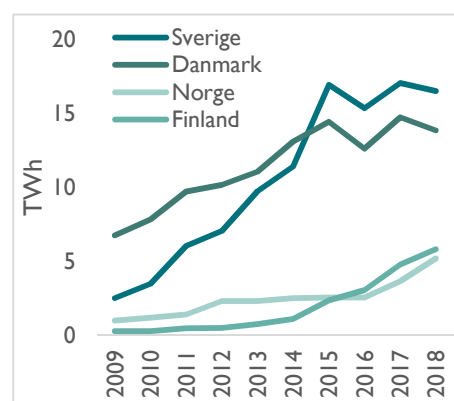


Figur 11: Det ventes en rask økning i vindkraftutbygging i Norden til 2040. Økningen ventes å være størst i Sverige. For Norge er NVEs middelsscenario lagt inn

Fram til i dag har det blitt bygget ut nesten 50 TWh vindkraft i Norden. Historisk har mesteparten blitt bygget i Danmark, men de siste ti årene har også Sverige hatt en betydelig utbygging av vindkraft. Norge har økt utbyggingstakten hovedsakelig de siste to årene.

Ut fra landenes egne planer er det forventet en fortsatt høy utbygging av vindkraft i Sverige, Finland og Danmark de neste tiårene. Hvor mye som bygges ut vil avhenge av flere forhold. Potensialet for vindkraftutbygging i Norden er stort, men utbyggingen kan også bli betydelig mindre for eksempel som følge av politisk styring.

I framskrivningen som er gjort basert på NVEs analyser vil det være mellom 154 - 172 TWh vindkraft i Norden i 2040. Dette er en økning på mellom 101 - 119 TWh fra nivået i 2019.

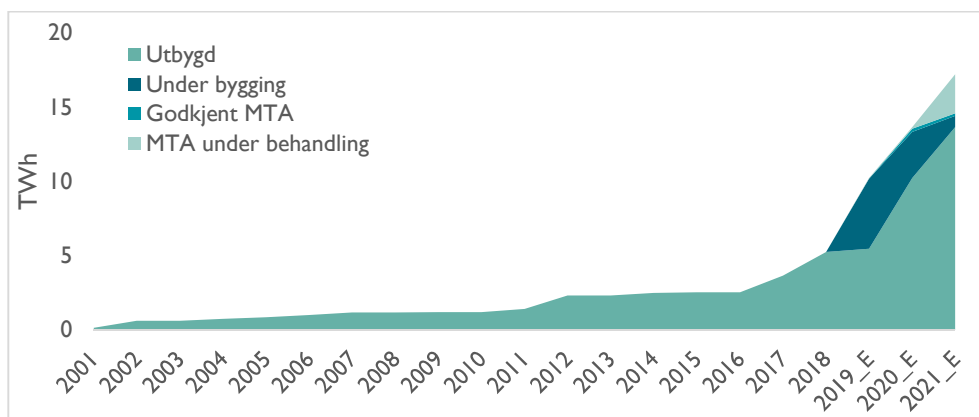


Figur 12: Vindkraftproduksjon i Norden fra 2009-2018 fordelt på land

### 3.2 Vindkraft blir mer konkurransedyktig i Norge, men det er stort utfallsrom for utbygging

I Norge bygges det for tiden ut mye vindkraft. Fra 2018 til 2019 vil den norske årsproduksjonen av vindkraft mer enn dobles. Det samme skjedde fra 2016 til 2018.

Den historiske utviklingen av norsk vindkraftutbygging fram til nå, og kjente planer framover, er vist i Figur 13.



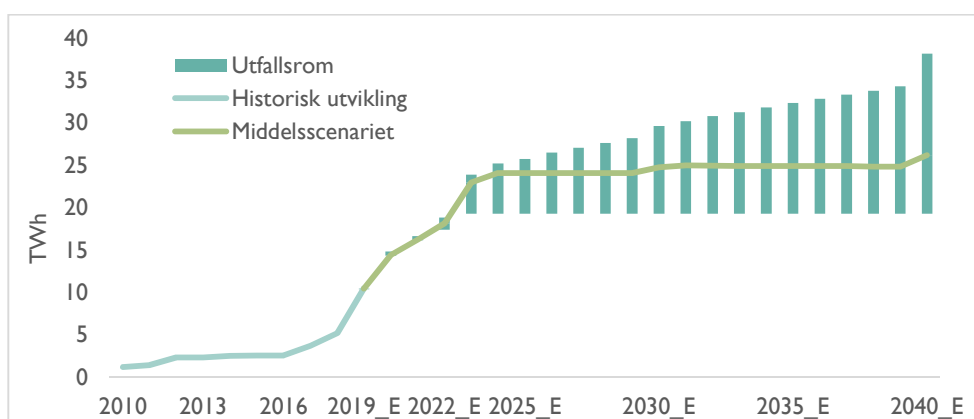
Figur 13: Vindkraft i Norge på forskjellige stadier av utbygging. Alle tall i TWh. Tall oppdatert august 2019

NVE leverte, på oppdrag fra Olje- og Energidepartementet (OED), sitt forslag til «Nasjonal Ramme for Vindkraft» i april 2019. OED har hatt NVEs rapport på høring med høringsfrist i oktober 2019. Departementet vil gjennomgå NVEs forslag og alle høringsinnspillene før det blir tatt stilling til politikken for vindkraft på land. Fram til dette er gjort vil ikke NVE behandle søknader eller meldinger om nye vindkraftverk.

I Meld. St. 25 (2015-2016), «Kraft til endring», heter det at «Regjeringen vil legge til rette for en langsiktig utvikling av lønnsom vindkraft i Norge». Med fallende kostnader for vindkraft blir det lønnsomt å bygge ut vindkraft flere steder i Norge. Motstanden mot vindkraft har imidlertid økt, og det er usikkert om hvor mye ny utbygging av vindkraft vi vil få framover i tid

For å ta høyde for at det er stor usikkerhet har vi laget tre scenarier for utbygging av ny vindkraft i Norge: et lavt, et middels og et høyt.

Scenariene spenner fra full stopp i tildeling av nye vindkraftkonsesjoner til en forventning av hvordan vindkraftutbyggingen kan se ut hvis det fortsatt blir gitt konsesjoner til konkurransedyktige vindkraftprosjekter. Dette gir et utfallsrom på 19-38 TWh vindkraftproduksjon i Norge i 2040.



Figur 14: Historisk utbygging av norsk vindkraft og utfallsrom fra NVEs tre scenarier for mulig utbygging av vindkraft fram mot 2040



## LAVT VINDKRAFTSCENARIO

Dette bygger på at alle vindkraftprosjekter som har konsesjon bygges innen 2023, med unntak av rundt 2 TWh. I dette scenarioet blir ikke dette bygget ut på grunn av mulige utfordringer med nettilknytning, lønnsomhet eller andre faktorer. Det vil bli foretatt reinvesteringer i nye vindturbiner etter at de eksisterende har nådd sin tekniske levealder, men uten at den totale kraftproduksjonen øker. Ett havvindprosjekt blir bygget på starten av 2020-tallet.

I lavt scenario vil det være 19 TWh vindkraftproduksjon innen modellåret 2025, og ingen ytterligere økning til 2040.

## MIDDELS VINDKRAFTSCENARIO

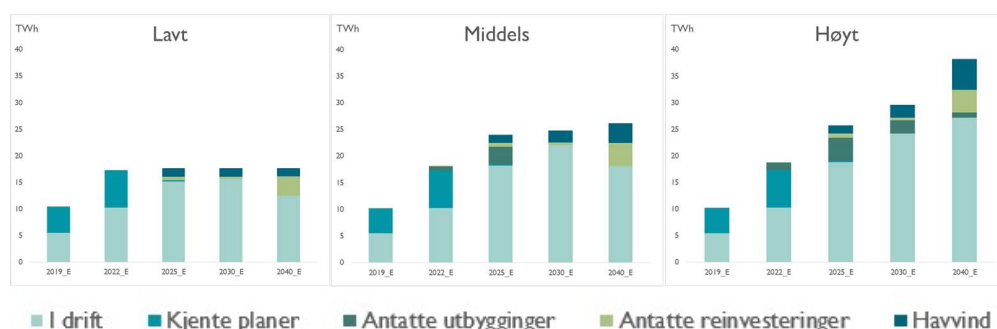
I dette scenariet vil alle vindkraftprosjekter som har konsesjon bli bygget – også de som ble utelatt i scenariet «Lav». I tillegg reinvesteres de fleste vindkraftverk som når sin tekniske levetid i løpet av analyseperioden. Reinvesteringene i nye vindturbiner gir økt brukstid og økt produksjon på grunn av teknologiutvikling. I dette scenariet har vi inkludert en moderat utbygging av havvind fra slutten av 2020-tallet, i tillegg til det ene prosjektet vi har inkludert i «Lav». Vi forventer at det innen 2040 vil være i underkant av 4 TWh havvind i Norge, fordelt på noen få mellomstore havvindprosjekter mot slutten av perioden. Vi forventer at det blir bygget ytterligere havvind i tiden etter 2040.

I middels scenario vil det være totalt 26 TWh vindkraftproduksjon i 2040.

## HØYT VINDKRAFTSCENARIO

Dette scenarioet har samme utbyggingstakt som i «Middels» de første årene, men deretter vil utbyggingen bli høyere. Dette skyldes at vi i dette scenarioet har gått ut fra at det vil bli investert i nye vindkraftprosjekter på land, utover de prosjektene som allerede har konsesjon i dag. Disse prosjektene fører til investeringer i nye vindkraftverk på land gjennom hele analyseperioden. Reinvesteringene i vindkraft som når sin tekniske levetid er lik som i «Middels». Vi har også inkludert nesten dobbelt så mye havvind som i «Middels», slik at vi får flere store havvindprosjekter i Norge etter 2030. Dette kan skje dersom det blir økonomisk attraktivt å bygge havvind tidligere i analyseperioden, enten ved en kostnadsreduksjon eller ved at det innføres støtteordninger for å stimulere til havvindutbygging.

I høyt scenario vil det være totalt 38 TWh vindkraftproduksjon i 2040.



Figur 15: Utvikling av norsk vindkraft fordelt på type vindkraft i de tre scenarioene

## 3.3 Nettkapasitet kan begrense vindkraftutbyggingen

Kapasiteten i transmisjonsnettet kan begrense hvor mye vindkraft som bygges ut i Norge. Stor utbygging av vindkraft i et område med kraftoverskudd og begrenset kapasitet i transmisjonsnettet vil bidra til at kraftprisen i området faller. Da kan den bedriftsøkonomiske lønnsomheten i utbyggingen blir lavere, og det kan bli mindre attraktivt å bygge ut mer ny vindkraft.

Statnett har gjort en analyse av dette, og kommet fram til at 45 TWh vindkraft i Norge er mulig med dagens nett og forbruk, og de planene for nettutbygging som de kjenner til (Statnett, 2018). Dette er fordelt på 40 TWh i Sør-Norge og 5 TWh i Midt-Norge. Med dagens kraftnett kan det ikke komme mer vindkraft i Nord-Norge enn det som allerede har fått konsesjon, uten at det gir et stort fall i kraftprisene.

### 3.4 Det kan komme mer havvindproduksjon i Norge mot 2040

I Norge er ikke vindkraft til havs økonomisk lønnsomt i dag. Vi forventer imidlertid en kostnadsreduksjon på havvind framover, både for bunnfast og flytende teknologi. Historisk har utbyggingskostnadene for bunnfast havvind ligget opp til tre ganger høyere enn landbasert vindkraft. Flytende teknologi brukes der det er for dypt til å bygge bunnfaste vindturbiner. Teknologien er umoden og utbyggingskostnadene har så langt vært vesentlig høyere enn for bunnfast havvind.

Kostnadene for bunnfast havvind har imidlertid sunket mye de siste årene, ettersom teknologien har modnet i takt med at det er utbygget en samlet kapasitet på over 18 GW i Europa (Wind Europe, 2019). Mesteparten av dette ligger i Nordsjøen og Østersjøen. For enkelte havvindprosjekter i Europa forventes det nå at prosjektene er lønnsomme å bygge ut dersom nett- og utredningskostnader dekkes av myndighetene, slik det gjøres i Danmark (NVE, 2019). Havvind er under disse forutsetningene konkurransedyktig med andre produksjonsteknologier. Det er stor usikkerhet rundt hvordan kostnader for havvind utvikler seg framover.

Kostnadsnivået for bunnfast havvind er, av flere grunner, ikke overførbart til Norge. I områdene der det bygges mye havvind i Europa er det for eksempel ofte enklere topografiske bunnforhold, kortere avstand fra aktuelt utbyggingsområde til land og grunnere farvann. Dette gjør at det kan være dyrere å bygge bunnfaste havvindturbiner i Norge enn mange steder i Europa.

I havenergilova står det at energiproduksjon til havs i Norge bare kan skje etter at staten har åpnet bestemte arealer med sikte på tildeling av konsesjon. Det er også påkrevd å gjennomføre en konsekvensutredning før et område kan åpnes for konsesjonssøknader. Regjeringen har sendt forslag om å åpne Utsira Nord og Sandskallen-Sørøya Nord på høring (Regjeringen, 2019). De har også bedt om innspill til Sørlege Nordsjø II.

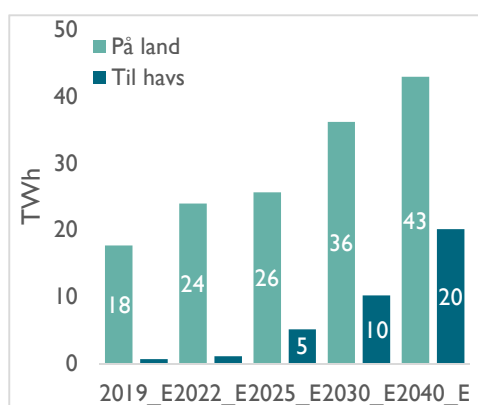
Havvind kan også bidra til industriutvikling i Norge ved å utnytte norske bedrifters kompetanse innen havindustri. Enova ga i august 2019 støtte til utbygging av flytende havvind for å elektrifisere petroleumsutvinning i prosjektet Hywind Tampen (Regjeringen, 2019).

### 3.5 I Sverige planlegges mye ny vindkraft for å nå fornybarmålene

Om lag 11 prosent av kraftproduksjonen i 2018 i Sverige kom fra vindkraft. Dette betyr at vindkraft er den tredje største kraftkilden i Sverige (Energimyndigheten, 2018). Både Energimyndigheten og Svenska Kraftnät forventer en storstilt utbygging av vindkraft i Sverige (Svenska Kraftnät, 2018). Energimyndigheten estimerer at det kan bli behov for minst 60 TWh totalt med vindkraft i Sverige i 2040 for å nå målene i Energioverenskommelsen. En tredel av dette kan komme til havs. Energimyndighetens korttidsprognose fra august 2019 anslår imidlertid at det allerede i 2022 kan være 37 TWh vindkraftproduksjon i Sverige, noe som tilsier en stor utbygging de nærmeste årene (Energimyndigheten, 2019). Dette er 12 TWh høyere enn våre anslag for 2022. Denne analysen kom etter at vi låste vårt datasett og vi har dermed ikke tatt hensyn til denne i våre framskrivninger. I tillegg forventer Energimyndigheten at mange av vindkraftverkene reinvesteres ved endt teknisk levetid.

Akkurat som i Norge har levetidskostnaden for vindkraft i Sverige falt de siste årene. Det er nå konkurransedyktig å bygge ut vindkraft de fleste steder i Sverige uten subsidier.

I det svenske konsesjonssystemet finnes det i dag konsesjoner for prosjekter som ikke er bygget ut. Disse ville gitt 15-20 TWh hvis de blir bygget (Energimyndigheten, 2018). Det er imidlertid sannsynlig at mange av disse konsesjonene aldri vil bli brukt. I konsesjonen er det satt vilkår om turbinhøyder og teknologi som i dag ikke er økonomisk forsvarlig. I tillegg har mange av disse prosjektene utfordringer knyttet til nett. Det er også gitt konsesjon for syv havvindparker som vil gi 10 TWh dersom de bygges.



Figur 16: Forventning om utvikling av vindkraft i Sverige fordelt på hva som kan komme til havs og på land

Det er en stor økning i søknader for bygging av havvind i Sverige, selv om det ennå ikke er økonomisk lønnsomt å bygge havvind uten støtte. For å gjøre det mer attraktivt å investere i denne teknologien diskuteres det om tilknytningsavgiften for havvind skal avskaffes. Per januar 2019 ligger det havvindsøknader i kø for behandling med total produksjon på om lag 36 TWh. Nesten alle søknadene ligger i Sør-Sverige. Ut fra Energimyndighetens anslag for havvindsproduksjon, antar vi at samlet energiproduksjon fra havvind vil ligge rundt 20 TWh i 2040 (Energimyndigheten, 2018). Engasjementet rundt vindkraft i Sverige har blitt sterkere den siste tiden, så også her er det usikkerhet rundt hvor mye vindkraft som vil bli realisert.

### 3.6 Færre og større vindturbiner kan gi mer energiproduksjon i Danmark

Det ble produsert i underkant av 11 TWh vindkraft på land i Danmark i 2018. Dette ble produsert av nesten 4300 vindturbiner (Energistyrelsen, 2018). I Energiavtalen som ble inngått i 2018 ble det besluttet å redusere antall turbiner fra dagens 4300 til maksimalt 1850 (Energi, Forsynings- og Klimaministeriet i Danmark, 2018). De fleste eksisterende vindkraftverkene forventes å måtte bli reinvestert når levetiden utløper utover på 2030-tallet. Da vil man bytte ut gamle eksisterende turbiner med nye turbiner som har vesentlig høyere effekt.

Den danske Energistyrelsen har gjort en vurdering av hvor mye vindkraft som kan bygges på land i Danmark, og kommet fram til rundt 5,5 GW. Med den brukstiden NVE benytter, blir dette om lag 22 TWh. Hvis turbinene er større enn de er i dag nå de eksisterende turbinene skal byttes ut, kan en maksimal produksjon av vindkraft på land bli enda høyere.

Havvind behøver fortsatt offentlig støtte i Danmark, men fallende kostnader gjør at støtten kan bli faset ut over tid. For å få til konkurransedyktige havvindparker er det også nødvendig med gode nettforbindelser mot utlandet slik at kraften kan eksporteres når det blåser mye. I dag blir det produsert om lag 7 TWh havvind i Danmark. I 2040 anslår vi over 31 TWh havvind i Danmark basert på analyser fra Energistyrelsen (Energistyrelsen, 2018). Dermed vil det produseres mer kraft fra havvind enn fra landbaserte vindkraftverk i Danmark.

Danske myndigheter lyser ut områder for å bygge havvind. Det er planlagt at en havvindpark på 800 MW i Vest-Danmark skal settes i drift i tidsrommet 2024-27. I 2021 og 2023 skal danske myndigheter lyse ut to parker på 800 MW hver. Disse skal få nettilknytning innen 2030. I tillegg til dette forventer Energistyrelsen at en ytterligere prosjekter blir utlyst av myndighetene mellom 2030 og 2040 og at det kan komme prosjekter som ikke allerede er planlagt (Energistyrelsen, 2018). Mesteparten vil bli bygget i Vest-Danmark og inkluderer utbygging av gamle turbiner som når teknisk levealder.

### 3.7 Vindkraftutbyggingen i Finland ventes å øke

Finske myndigheter forventet i sin rapport fra 2017 at vind- og solkraftnivået i Finland til sammen skal være 7-9 TWh i 2030 (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2017). Fra 2014 til 2018 gikk Finland fra å produsere rundt 1 TWh vindkraft til nesten 6 TWh. Nivået myndighetene forventet for 2030 er dermed nesten nådd allerede i dag. I en annen rapport fra finske myndigheter fra 2014, legges det fram et veikart for energi og klima mot 2050. Her forventes det 9 TWh vindkraft i 2025 og mellom 7- 29 TWh i 2050 (Ministry of Employment and the Economy, 2014).

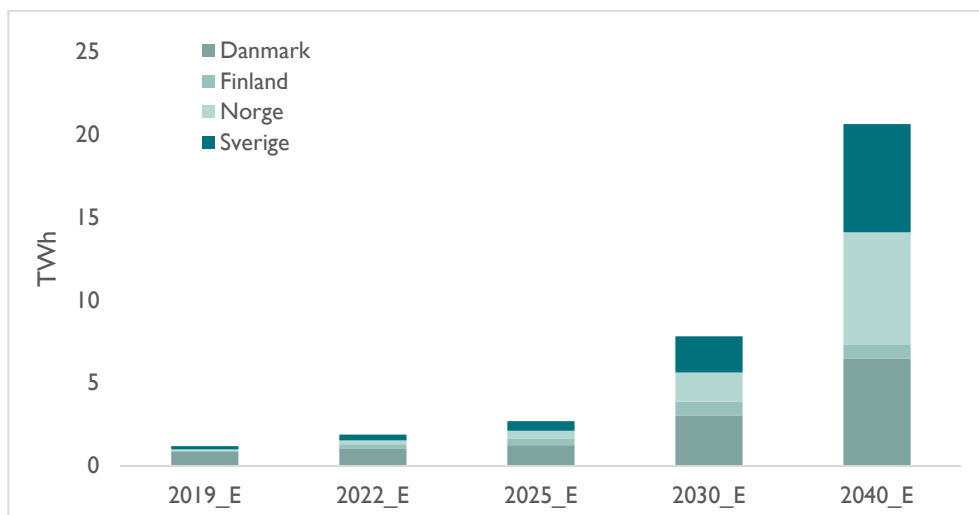
Finske myndigheter utlyste i 2018 en auksjon for fornybar kraftproduksjon på 1,4 TWh for å øke andelen fornybar kraft i den finske kraftproduksjonen. Det var lagt opp til at alle typer fornybare teknologier kunne delta. Hele auksjonen ble vunnet av ulike vindkraftprosjekter på land.

I tillegg til de prosjektene som blir bygget som del av den offentlige auksjonen, blir det nå bygget ytterligere 1,5 TWh ny vindkraft uten støtteordninger. Dette gir en forventning om videre bygging av vindkraft i Finland. Det er nå landbaserte vindkraftprosjekter med opp mot 40 TWh i ulike stadier av prosjektutviklingen i Finland, mens det er om lag 13 TWh til havs. Anslagene for finsk vindkraftproduksjon, gitt i analysene fra finske myndigheter i 2017, framstår derfor som lave.

Vi antar at ikke alle prosjektene nevnt ovenfor kommer til å bli bygget innen 2040. Vi antar 9 TWh vindkraft i Finland i 2025, i henhold til anslaget fra det finske Arbeids- og næringsdepartementets analyser. Våre analyser har basert seg på en tilsvarende utbyggingstakt som fram til 2025, og vi vurderer dermed at det blir 18 TWh vindkraft i Finland i 2040.

## 4 Solkraft vokser raskt

### 4.1 Total solkraftproduksjon i Norden anslås til i overkant av 20 TWh i 2040



Figur 17: Forventet utvikling i solkraftproduksjon i Norden mellom 2019-2040

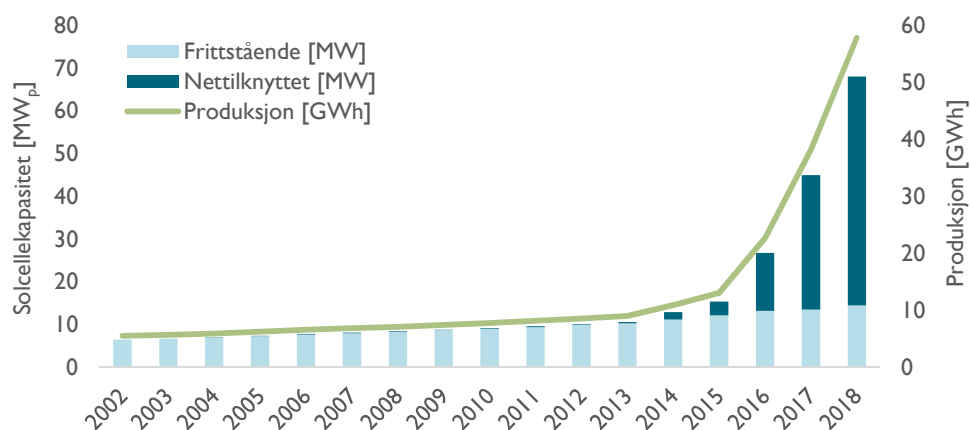
Solkraft er den kraftproduksjonsteknologien som vokser raskest i verden. I 2018 ble det installert om lag 100 GW ny kapasitet globalt. Denne økningen tok det totale nivået opp til 500 GW. Andelen av verdens kraftproduksjon dekket av solkraft økte med 18 prosent fra 2017 til 2018, og ligger nå på rundt 3 prosent (IEA PVPS, 2019). De store volumene av solkraft investeres utenfor Norden, og også utenfor Europa. Denne raske globale utviklingen bidrar til å drive kostnadene nedover. Dette gjør at vi i Norden de siste årene har opplevd eksponentiell vekst. Enova støttet nesten seks ganger så mange solcelleanlegg hos privatpersoner i 2018 som i 2016 (Norsk solenergiforening, 2019).

Veksten i Norden er fra et lavt utgangspunkt. Ved starten av 2019 var det installert om lag 68 MW solkraft i Norge (Multiconsult, 2019). Dette tilsvarer ca. 0,06 TWh. Både Sverige og Danmark ligger foran Norge når det kommer til installert kapasitet. Energimyndigheten viser i sin statistikk at det var 411 MW solkraft tilknyttet det svenske nettet i 2018 (Energimyndigheten, 2019). Om lag halvparten av dette ble installert mellom 2017 og 2018. I Danmark var det på samme tid installert 1040 MW, ifølge Energinets offentlige datagrunnlag (Energistyrelsen, 2018).

### 4.2 Det kan komme mye solkraft i Norge fram mot 2040, men usikkerheten er stor

Solkraft kan deles i anlegg som er knyttet til nett og frittstående anlegg, som for eksempel tradisjonelle hytteanlegg. Som man kan se av Figur 18 er det anleggene knyttet til nettet som vokser mest. Vi har observert en formidabel vekst de siste 5 årene. Større anlegg på store tak utgjør mesteparten av den installerte kapasiteten. Denne typen anlegg har lavere kostnad per installert effekt på grunn av skalafordeler.





Figur 18: Utvikling i solkraft i Norge fra 2002 – 2018. Kilde: Asplan Viak/Multiconsult/IEA-PVPS

Når vi har framskrevet solkraft i Norge har vi brukt energisystemmodellen TIMES. Vi har gjort sensitivitetsanalyser for å illustrere usikkerheten i blant annet rammebetingelser.

Utviklingen av solkraft i Norge fram mot 2040 er usikker. Med ulike forutsetninger har vi vurdert at produksjonen fra solkraft i Norge kan variere mellom 4-10 TWh i 2040. I vårt basisscenario har vi anslått at det kan komme 7 TWh solkraft i Norge fram mot 2040. Dette gjør at solkraft kan spille en viss rolle i det norske kraftsystemet om noen år.

Ulike drivere kan trekke både opp og ned for hvordan utviklingen fortsetter. Akkurat nå er solkraftmarkedet i Norge i kraftig vekst. Det er hovedsakelig sluttbrukere av strøm som investerer i solkraft i Norge. Vi forventer at reduksjonen i kostnader fortsetter og at teknologien stadig vil forbedre seg. Et eksempel er muligheten for å integrere solceller inn i tak og fasader. Dette kan føre til at flere vil ønske å ha egenprodusert solkraft og at det blir naturlig å benytte solcelleprodukter når tak eller fasade uansett skal byttes ut. For en sluttbruker er redusert strømregning et viktig insentiv for å investere i solkraft.

For å illustrere hvor mye 7 TWh solkraft innebærer, kan man tenke seg at 15 prosent av alle eneboliger og i underkant av 20 prosent av alle industri- og næringsbygg har installert et solcelleanlegg. Dette er et eksempelregnestykke, gjort med konservative anslag på anleggsstørrelser og basert på dagens bygningsmasse og solkraftteknologi. Vi har ikke inkludert fritidsboliger i utregningen. Mesteparten av den installerte kapasiteten i basisscenarioet er på industri- og næringsbygg. Teknologien vil utvikle seg, og størrelsen på bygningsmassen øker. Hvis det blir installert 7 TWh i 2040, kan det ut fra beskrivelsen ovenfor være rimelig å anta at både antall solanlegg og andelen av byggene kan bli lavere enn i Tabell 1.

Kategori av solcelleanlegg	Eksempel på gjennomsnittsstørrelse på anlegg	Antall anlegg	Andel av bygg i dagens bygningsmasse
<b>Bolig</b>	6 kW	215 000	15 prosent
<b>Industribygg</b>	200 kW	20 000	18 prosent
<b>Næringsbygg</b>	50 kW	27 000	19 prosent
<b>Låver</b>	15 kW	90 000	18 prosent

Tabell 1: Regneeksempel på antall anlegg med forutsetninger om dagens teknologi og bygningsmasse

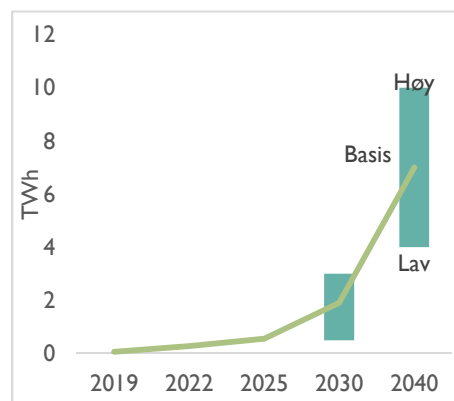
Analysene viser at det kommer mellom 0,5 og 2,5 TWh solkraft i Norge i 2030. I 2030 ligger basisscenarioet på i underkant av 2 TWh. Sensitivitetsanalyser viser at utslagene på resultatet i 2030 er større i negativ retning enn i positiv retning fra basisscenarioet. Dermed ligger basisscenarioet i øvre del av utfallsrommet. Endringer i lønnsomhet vil påvirke resultatet mer i 2030 enn i 2040 fordi veksten går saktere i starten av

analyseperioden. I 2040 er modellresultatene mindre sensitive, men endringer i rammebetingelser vil påvirke hvor mye solkraft som installeres i Norge fram mot 2040.

Økonomiske reguleringer og begrensninger i kraftnettet vil også påvirke hvor mye solkraft som blir bygget. Når man beregner lønnsomheten i egenprodusert solkraft, er både strømprisen og nettleien viktige elementer. Solkraft kan være konkurransedyktig på tross av høyere energikostnad enn både vannkraft og vindkraft, fordi kostnaden konkurrerer med sluttbrukerprisen for strøm og ikke kraftprisen i kraftmarkedet. For hver kilowattime egenprodusert strøm sluttbrukeren bruker, spares prisen man betaler for strømmen og energileddet fra nettleien. Tariffstrukturen for nettleie er en av faktorene som bidrar til å spenne ut utfallsrommet i våre framskrivninger.

Lønnsomhet alene vil ikke nødvendigvis bli viktigste driveren for utbredelse av solkraft. Både byggsektoren, arkitekter og designere kan i framtiden integrere solkraft i sitt virke. Det gjør at nye standarder, økte krav til bygninger og andre sosiale effekter i seg selv kan øke utbredelsen av solkraft i Norge mot 2040.

Det kan også bli bygget noen bakkemonterte anlegg i Norge fram mot 2040, men dette er ikke inkludert i analysen. En utvikling med mange bakkemonterte anlegg vil eventuelt gjøre at det kommer mer solkraft enn vi har inkludert i analysen.



Figur 19: Tre ulike framskrivningsbaner for solkraft i Norge fram mot 2040

### 4.3 Solkraft vokser også i våre naboland

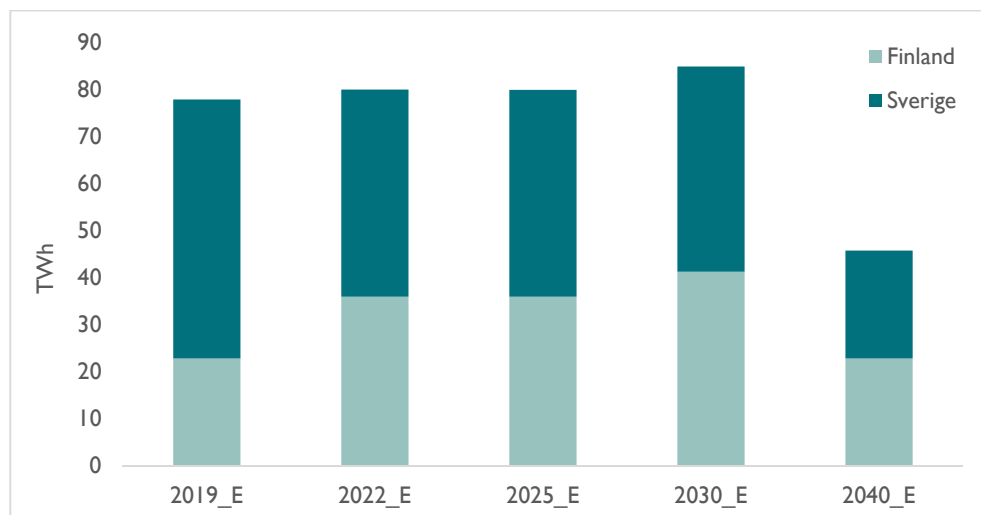
Basert på analyser fra energimyndighetene i Sverige og Danmark har vi lagt til grunn 7 TWh solkraftproduksjon i hvert av disse landene i 2040 (Energistyrelsen, 2018) (Energimyndigheten, 2018). I Finland har vi inkludert 1 TWh solkraft i 2040, basert på de finske myndighetenes framskrivning (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2017).

I Sverige er det tekniske potensialet for solenergi antatt å være stort, med opptil 50 TWh bygget på tak og 130 TWh i bakkemonterte anlegg. Som i Norge er investeringskostnaden en begrensende faktor for hvor mye solkraft som forventes å bli bygget ut. Energimyndigheten anslår at det er økonomisk bærekraftig å installere mellom 3 og 8 TWh solkraft i Sverige innen 2035 (Energimyndigheten, 2018). I vår framskrivning har vi brukt energimyndighetens estimat på at det vil være installert 2,6 TWh solkraft i Sverige innen 2030 og en rask økning fram til 2040, der man når opp i 7 TWh.

Energistyrelsen i Danmark antar at maksimal solinstallasjon som er teknisk mulig ligger rundt 15 prosent av samlet strømforbruk, og dermed ikke høyere enn 7 TWh (Energistyrelsen, 2018). Dette taket er beregnet ut fra hvor mye solkraft man kan ha i kraftsystemet før produksjonen fra solceller blir så høy at den presser prisene lavere enn investeringskostnaden. Energistyrelsen antar at nivået på 7 TWh vil bli nådd rundt 2040. I vår produksjonsframskrivning for Danmark er det lagt inn en moderat vekst fram til 2025, deretter en raskere økning fram til 2030 og videre opp til det maksimale taket på 7 TWh solkraft i 2040.

## 5 Sverige legger ned kjernekraft, mens Finland bygger ny

### 5.1 Total kjernekraftproduksjon i Norden anslås til 46 TWh i 2040



Figur 20: Kraftproduksjon fra kjernekraft ventes redusert til 2040. Økningen i 2030 er fordi Finland bygger nye reaktorer, og deretter faser ut gamle

Kjernekraft gir en viktig grunnlast i dagens nordiske kraftsystem. Hvert år blir det produsert rundt 80 TWh kjernekraft fra 12 reaktorer i til sammen 5 kjernekraftverk i Sverige og Finland. Det nordiske kraftsystemet er følsomt overfor endringer i kjernekraftverkene. Planlagt vedlikehold og uforutsett stans i produksjonen fra kjernekraftverkene har stor innvirkning på de nordiske kraftprisene og kraftbalansen.

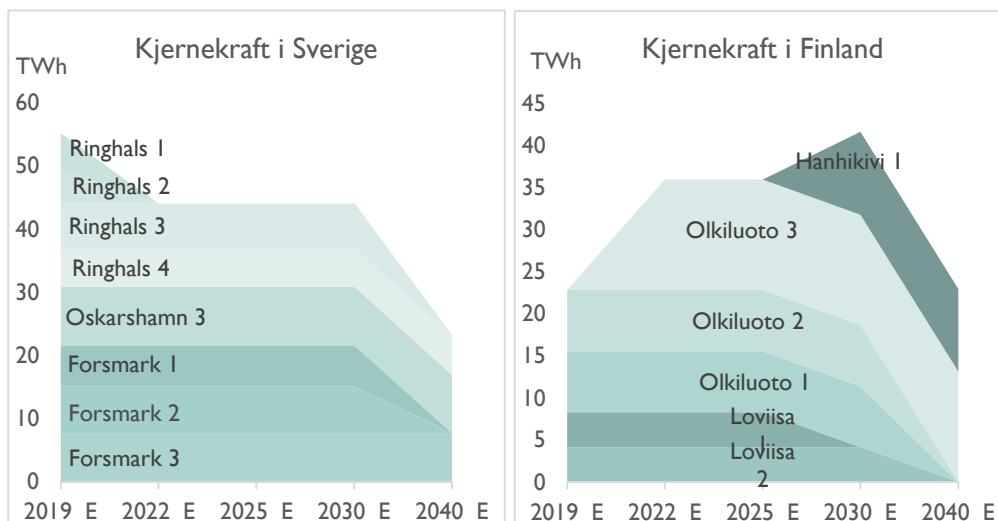
Kjernekraften er i endring. Det ble lagt ned to kjernekraftreaktorer i Sverige i henholdsvis 2015 og 2017. To til er planlagt nedlagt i løpet av 2019 og 2020. Samtidig bygges det to nye kjernekraftverk i Finland. Dette kan gi en netto økning i kjernekraftproduksjonen fram mot 2030 hvis planen realiseres. Deretter kan det bli en reduksjon i bidraget fra kjernekraft fra 2030 til 2040 når flere kjernekraftverk når teknisk levetid. Endring i planene for nedleggelse eller bygging av kjernekraft vil kunne påvirke det nordiske kraftsystemet i stor grad.

### 5.2 I Sverige ser det ut til at kjernekraften kommer til å bli lagt ned

I dag har Sverige tre operative kjernekraftverk med til sammen åtte reaktorer. Disse bidrar til om lag 35 prosent av den totale kraftproduksjonen. To av disse, Ringhals 2 og Ringhals 1, er planlagt å bli lagt ned i henholdsvis 2019 og 2020 (Energimyndigheten, 2018).

Det er avtalt i Energiforliket at elproduksjonen i 2040 skal være 100 prosent fornybar (Energimyndigheten, 2018). Samtidig er det ikke vedtatt politisk at kjernekraften skal stenge ned. Det er en del av bestemmelsen at eksisterende kjernekraft skal kunne produsere ut sin teknisk-økonomiske levetid (Fortum, 2019). Energimyndigheten gir heller ingen indikasjoner i sine analyser om at kjernekraft skal fases ut før de når sin tekniske levetid. Energimyndigheten forventer at det vil være økonomiske incentiver for kjernekraftaktørene å holde reaktorene i drift til de når enden av sin tekniske levetid. Vi har

inkludert kjernekraft med de levetidene Energimyndigheten forventer for de eksisterende anleggene. Dette gjør at vi har 23 TWh kjernekraft inkludert i vår framskrivning for 2040. Én kjernekraftreaktor fases ut i 2019 og én i 2020. Deretter fases det ut tre reaktorer mellom 2030 og 2040. De tre gjenværende reaktorene blir faset ut mellom 2040 og 2050. Ingen av kjernekraftreaktorene blir erstattet, som vist i Figur 21.



Figur 21: Kjernekraft i Sverige og Finland med forventet nye utbygginger og nedleggelser

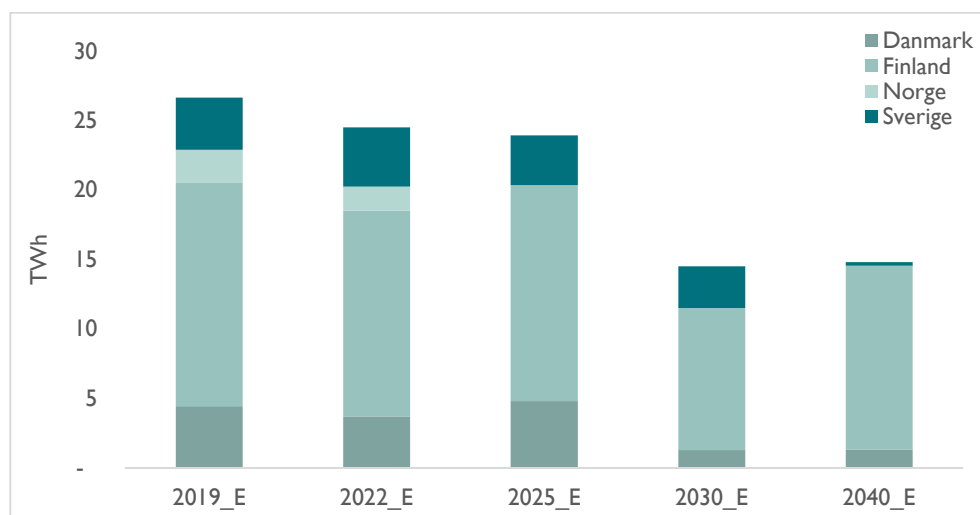
### 5.3 Finland setter i drift to nye kjernekraftreaktorer

Kjernekraften er den største produksjonsteknologien i det finske kraftsystemet, med to kjernekraftverk som har to reaktorer hver. Til sammen dekker de en fjerdedel av det finske kraftforbruket. Det er planlagt at det skal settes i drift to nye kjernekraftreaktorer i Finland innen 2030. Den første, Olkiluoto 3, er planlagt idriftsatt i juli 2020 (TVO, 2019) og den andre, Hanhikivi, i løpet av 2028 (Fennovoima, 2018). Olkiluoto 3 var i de opprinnelige planene forventet å starte produksjon i 2009, men har blitt utsatt gjentatte ganger.

Vi forventer at alle andre kjernekraftreaktorer, enn de to nye, blir stengt ned ved endt teknisk levetid. Den første stenges ned i 2027 og de tre siste mellom 2030 og 2040. I 2040 vil det dermed kun være de to nybyggede reaktorene igjen i Finland.

## 6 Fossil kraftproduksjon i Norden fases ut

### 6.1 NVE anslår total fossil kraftproduksjon i Norden på omtrent 15 TWh i 2040



Figur 22: Vi forventer at det i 2040 fremdeles er noe fossil kraftproduksjon igjen i kraftmiksen, hovedsakelig i Finland. Mye av dette er torv, og inngår som fossil brensel i grafen. Finlands vedtak om karbonnøytralitet er ikke inkludert i framskrivningen

For å nå klimamålene til de nordiske landene brukes energipolitiske virkemidler til å redusere fossil kraftproduksjon, både ved at noen kraftverk legges ned og at brenselet erstattes med biobrensel.

### 6.2 Norge har lite termisk kraftproduksjon

Hvert år produseres det omtrent 3,5 TWh termisk kraft i Norge. Dette antar vi blir redusert til om lag 1,5 TWh i løpet av de neste 6 årene.

Termisk kraftproduksjon basert på gass utgjør den største andelen av termiske kraftverk i Norge i dag. Det forventete forholdet mellom gass- og kraftprisene i Norge gjør norsk gasskraftproduksjon lite lønnsomt. Equinors søknad om at den siste gassturbinen på Mongstad kan legges ned i 2020 er innvilget av NVE. Vi har vurdert at Melkøya kan bli lagt ned innen 2025. Etter 2025 forutsetter vi en flat utvikling i termisk kraftproduksjon. Brenslene vil hovedsakelig være avfallsforbrenning og varmegjenvinning fra industrielle prosesser.

### 6.3 Mange fossile kraftanlegg i Sverige vil nå slutten av teknisk levetid innen 2040

I følge Energimyndighetens analyser vil mange svenske anlegg for fossil kraftproduksjon nå sin tekniske levealder før 2040, og det vil ikke være fossil kraftproduksjon i Sverige i 2040 (Energimyndigheten, 2018).

Også vannkraft-, vindkraft- og biokraftverk vil nå sin levetid i denne perioden. Energimyndigheten anslår at 105 TWh av de 157 TWh som finnes i dag vil måtte fornyes



innen 2040 (Energimyndigheten, 2018). NVE vurderer at de fornybare produksjonskildene reinvesteres eller fornyes, mens fossile kraftkilder byttes ut med bioenergi.

Svenska Kraftnät forventer en nedgang i installert effekt for varmekraftproduksjon, men mener samtidig at dette er usikkert. Usikkerheten baserer seg hovedsakelig på størrelsen på varmebehovet (Svenska Kraftnät, 2018). Kapasitetsøkning i eksisterende kraftvarmeverk kan være med å dekke det økende behovet for fleksibilitet. Vi har basert oss på Energimyndighetens analyser om at eksisterende fossile kraftverk legger om til biobrensel, og at det i økende grad produseres el når prisene tilsier det (Energimyndigheten, 2018). Det er ikke forventet at varmekraft blir lagt ned ved endt levetid, men at det reinvesteres i tilsvarende fossilfrie anlegg.

## 6.4 Danmark kan få mindre installert termisk kapasitet hvis kraftverkene som legges ned ikke blir erstattet

Så å si alle de termiske kraftverkene i Danmark er kombinerte verk som leverer både varme og kraft. Det deles i det som kalles «centrale verker» og «decentrale verker». Sentrale verk er store gass- eller kullkraftverk. Noen av disse gjøres i disse dager om til biokraftverk. Decentrale verker fyres ofte av avfall eller biobrensel.

De eksisterende danske kullkraftverkene begynner allerede å nå sin tekniske levetid rundt 2025. På grunn av Energiavtalen fra 2018 har vi ikke inkludert nye investeringer i kullkraft i Danmark etter endt levetid for verkene (Energi, Forsynings- og Klimaministeriet i Danmark, 2018). Vi har vurdert at mye av kullkraften blir erstattet av kraftverk drevet på biobrensel eller avfall. Nye kraftverk på biobrensel er allikevel kun inkludert i områder der det er tilstrekkelig varmebehov.

Framover kan det hende at kapasiteten i kraftvarmeverkene ikke nødvendigvis utnyttes fullt ut, men i økende grad fungerer som reservekapasitet når det er behov. Den totale kraftproduksjonen vil da bli lavere enn før. Denne omleggingen er vi allerede vitne til.

Amagerverkets blokk 3 fyres med kull. Den skal erstattes med blokk 4 i 2020. Blokk 4 skal fyres av treflis, og har 100 MW lavere kapasitet. Dette byttet kan indikere at totalkapasitet for de sentrale verkene i Danmark er fallende og at kraftbalansen i framtiden blir strammere. Vi har derfor vurdert at kapasiteten på de sentrale varmekraftverkene framover vil falle fra dagens nivå.

Dagens trend med økende bruk av varmepumper og elkjeler i fjernvarmesystemet ser ut til å fortsette framover (EA Energianalyse, 2017). Disse erstatter dagens bruk av biobrensel i fjernvarmesektoren.

Energinet forventer at bruken av naturgass i Danmark faller, men ikke forsvinner helt (Energinet, 2018). Basert på dette har NVE inkludert noe restkapasitet i dansk gasskraftverk i 2040. Det er ikke forventet at Danmark vil dekke topplasten sin med gassturbiner, slik man ser tendenser til i andre land lenger sør i Europa. Isteden forventer Energinet at Danmark vil være mer avhengig av nabolandene i situasjoner der fornybare kraftkilder ikke dekker forbruket. I noen tilfeller vil det være aktuelt å erstatte naturgass med biogass. Overskuddsvarme fra produksjon av biobrensel kan bli et bidrag inn i fjernvarmesektoren.

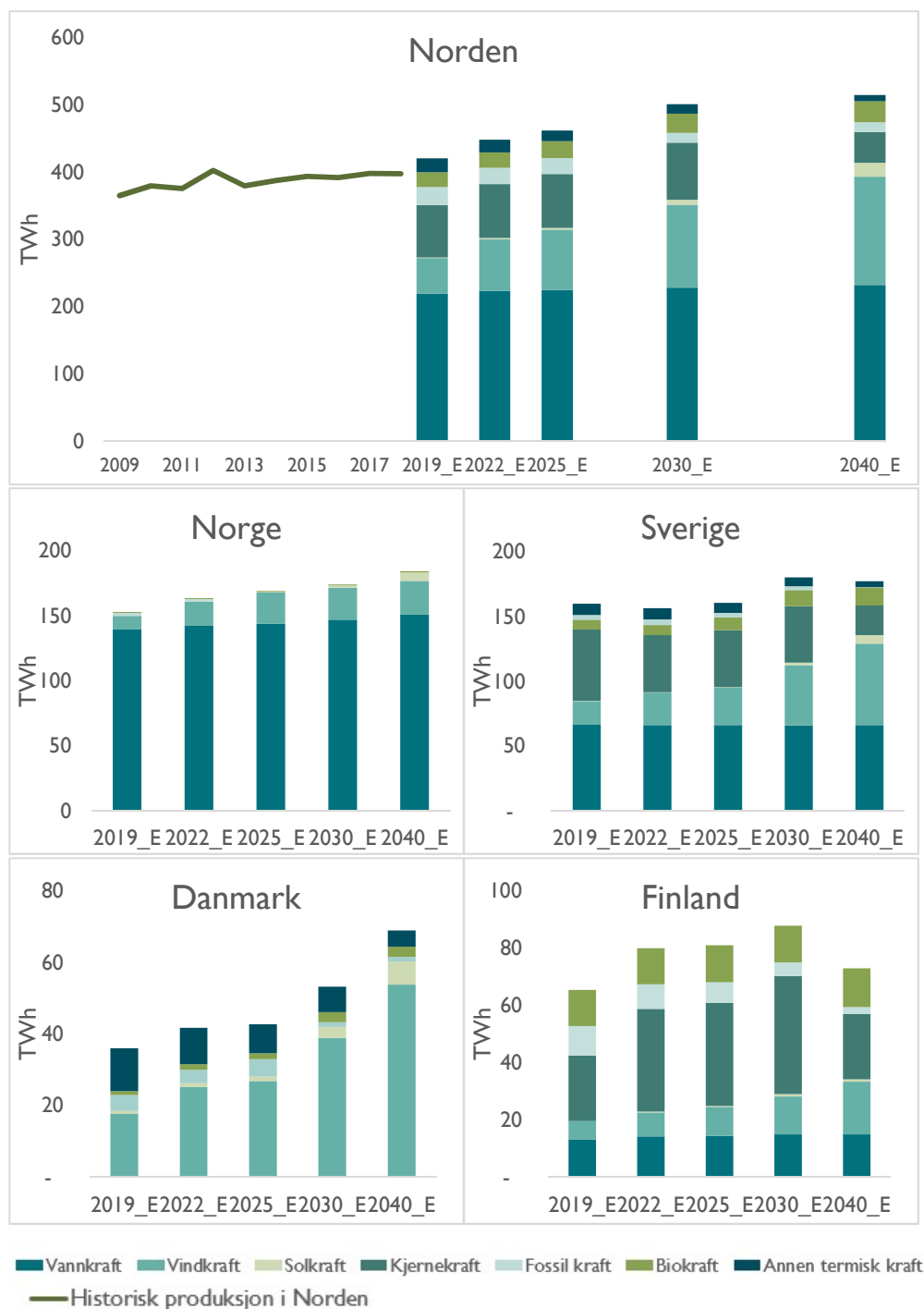
## 6.5 Finland erstatter kullkraft med torv og biobrensel

For å nå målene i Finlands klimaendringslov fra 2015 er det vurdert at fossile energikilder fases ut og erstattes med torv eller fornybare kilder. Vi har basert oss på finske myndigheters anslag om at det ikke finnes kullkraft i Finland etter 2030 (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2017). I tillegg til dette har vi inkludert en forventning om at det ikke skal produseres kraft fra oljekjeler etter 2040. Vi har inkludert i framskrivningene at det fortsatt vil være noe gassfyrte kraftproduksjon i Finland etter 2030. For å dekke opp for nedgangen i fossile brensler, har vi vurdert at kapasiteten i kraftverkene som kan fyre med torv vil øke fra 2030 til 2040. Dette gjør at kraften produsert fra torv øker betraktelig fra 2030 til 2040. I våre grafer ligger torv inne som fossil energikilde, og derfor ser det i Figur 22 ut som at fossil kraftproduksjon i Finland øker betydelig fra 2030 til 2040.

Den finske regjeringen vedtok våren 2019 at Finland skal bli et karbonnøytralt land innen 2035 (The Finnish Government, 2019). Dette kom i tillegg til klimaendringsloven fra 2015. Finlands mål om å være karbonnøytrale kom etter at vi laget våre framskrivninger. Det er dermed klimaendringsloven fra 2015 som er bakgrunnen for forutsetningene våre. Dette kan bety at utfasingen av fossile brensler kan gå raskere enn vi har antatt.

## 7 Analysene tilsier økning i nordisk kraftproduksjon fram til 2040

De analysene NVE har gjort tilsier en total nettoøkning i nordisk kraftproduksjon på nesten 100 TWh fra 2019 til 2040. Nedenfor er dette oppsummert i grafer fordelt på land og teknologi.



Figur 23: Oppsummering av produksjon i Norden fordelt på teknologi og på land, inkludert total historisk produksjon i Norden

## 8 Referanseliste

- EA Energianalyse. (2017). *EA Energianalyse*. Hentet fra [www.ea-energianalyse.dk](http://www.ea-energianalyse.dk):  
[http://www.ea-energianalyse.dk/reports/1686\\_veje\\_til\\_50pct\\_ve\\_i\\_danmark\\_2030.pdf](http://www.ea-energianalyse.dk/reports/1686_veje_til_50pct_ve_i_danmark_2030.pdf)
- Energi, Forsynings- og Klimaministeriet i Danmark. (2018). *Energi, Forsynings- og Klimaministeriet*. Hentet fra [efkm.dk](https://efkm.dk): <https://efkm.dk/ministeriet/aftaler-og-politiske-udspil/energiaftalen/>
- Energimyndigheten. (2018). *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem*. Bromma: Statens Energimyndighet Sverige. Hentet fra <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Test.ashx?ResourceId=5741>
- Energimyndigheten. (2019). *Energimyndigheten*. Hentet fra Energimyndigheten Statistikdatabas: [http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/-/EN0123\\_2.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c](http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/-/EN0123_2.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c)
- Energimyndigheten. (2019). *Kortsiktsprognos sommaren 2019*. Stockholm: Energimyndigheten. Hentet fra <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=5804>
- Energinet. (2018). *Model analysis of flexibility of the danish power system*. København: Energinet. Hentet fra [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/Publications\\_reports\\_papers/model\\_analysis\\_of\\_flexibility\\_of\\_the\\_danish\\_power\\_system.2018.05.15.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/Publications_reports_papers/model_analysis_of_flexibility_of_the_danish_power_system.2018.05.15.pdf)
- Energistyrelsen. (2018). *Energistyrelsen*. Hentet fra Analyseforudsætninger til Energinet: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/analyseforudsætninger-til-energinet>
- Fennovoima. (2018, 12 21). *fennovoima.fi*. Hentet fra Fennovoima: <https://www.fennovoima.fi/en/news/hanhikivi-1-project-schedule-be-re-evaluated>
- Fortum. (2019, 01 24). Sveriges energipolitikk fremover. *Sveriges energipolitikk fremover (foredrag på Montels ELcertifikatseminar)*.
- Hanssen-Bauer m.fl. (2015). *Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, NCCS report no. 2/2015*. Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Haddeland I., Hisdal H., Mayer S., Nesje A., Nilsen J.E.Ø., Sandven S., Sandø A.B., Sorteberg A. og Ådlandsvik B.
- IEA PVPS. (2019). *2019 Snapshot of Global PV Markets*.
- Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. (2017). *Government report on the National Energy and Climate Strategy for 2030*. Helsinki: Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland.
- Ministry of Employment and the Economy. (2014). *Energy and Climate Roadmap 2050*. Helsinki: Ministry of Employment and the Economy.
- Multiconsult. (2019, Mars). Hentet fra Solkraft i Norge: Økte med 29 prosent på ett år: <https://www.multiconsult.no/solkraft-i-norge-okte-med-29-prosent-pa-ett-ar/>
- Norsk solenergiforening. (2019, Mars). Hentet fra Nye soltall gir grunn til å smile: <https://www.solenergi.no/nyhet/2019/3/7/nye-soltall-gir-grunn-til-smile>
- NVE. (2013). *Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022*. Oslo: NVE. Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013\\_72.prd](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_72.prd)

- NVE. (2019). *Auksjonsprisene på havvind i EU faller*. Oslo: NVE. Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019\\_06.pdf](http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_06.pdf)
- NVE. (2019). *Teknologianalyser 2018 Kostnadseffektiv vindkraft*. Oslo: NVE. Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019\\_03.pdf](http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_03.pdf)
- Regeringskansliet. (2016, 06 10). *Regeringskansliet*. Hentet fra [regeringen.se: https://www.regeringen.se/49cc5b/contentassets/b88f0d28eb0e48e39eb4411de2aab e76/energioverenskommelse-20160610.pdf](https://www.regeringen.se/49cc5b/contentassets/b88f0d28eb0e48e39eb4411de2aab e76/energioverenskommelse-20160610.pdf)
- Regjeringen. (2019, 07 02). *Regjeringen*. Hentet fra Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/hoyring-av-forslag-om-opning-av-omrade-for-fornybar-energi-til-havs-og-forslag-til-forskrift-til-havenergilova/id2662577/?expand=horingsnotater>
- Regjeringen. (2019, august 22). *regjeringen.no*. Hentet fra [regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/enova-stotter-equinors-demonstrasjonsprosjekt-for-flytende-havvind/id2666182/](https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/enova-stotter-equinors-demonstrasjonsprosjekt-for-flytende-havvind/id2666182/)
- Statnett. (2018). *Økt vindkraftproduksjon og virkninger i transmisjonsnettet*. Oslo: Statnett. Hentet fra <https://www.nve.no/Media/7352/%C3%B8kt-vindkraftproduksjon-og-virkninger-i-transmisjonsnettet.pdf>
- Svenska Kraftnät. (2018). *Långsiktig Marknadsanalys 2018*. Sundbyberg: Svenska Kraftnät. Hentet fra <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/langsiktig-marknadsanalys-2018.pdf>
- The Finnish Government. (2019, Juni). *Inclusive and competent Finland*. Helsinki: The Finnish Government. Hentet fra [www.theguardian.com: https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/13929401/Inclusive%20and%20competent%20Finland%202019%20WEB.pdf/b9fa92d3-646f-cb37-0593-3724d1b0550a](https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/13929401/Inclusive%20and%20competent%20Finland%202019%20WEB.pdf/b9fa92d3-646f-cb37-0593-3724d1b0550a)
- TVO. (2019, Juli 17). *tvo.fi*. Hentet fra Teollisuuden Voima Oyj: <https://www.tvo.fi/news/2124>
- Wind Europe. (2019). *Offshore Wind in Europe*. Brüssel: Wind Europe. Hentet fra <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Offshore-Statistics-2018.pdf>

## 9 Vedlegg: Tabeller med NVEs framskrivninger

Norden	2019_E	2022_E	2025_E	2030_E	2040_E
Total TWh	420,3	448,2	461,7	500,8	514,4
Vannkraft	219,1	223,2	224,7	228,1	231,9
Vindkraft	52,8	76,9	89,6	123,1	161,0
Solkraft	1,2	1,9	2,7	7,8	20,6
Kjernekraft	77,9	80,0	79,9	84,9	45,7
Fossil kraft	26,6	24,5	23,9	14,5	14,8
Biokraft	22,0	22,8	25,0	28,6	31,0
Annen termisk kraft	20,7	19,0	15,9	13,8	9,3

Norge	2019_E	2022_E	2025_E	2030_E	2040_E
Total TWh	153	164	169	174	184
Vannkraft	140	143	144	147	151
Vindkraft	10	18	24	25	26
Solkraft	0	0	0	2	7
Fossil kraft	2	2	0	0	0
Biokraft	1	1	1	1	1

Sverige	2019_E	2022_E	2025_E	2030_E	2040_E
Total TWh	160	157	161	180	177
Vannkraft	66	66	66	66	66
Vindkraft	18	25	29	46	63
Solkraft	0	0	1	2	7
Kjernekraft	55	44	44	44	23
Fossil kraft	4	4	4	3	0
Biokraft	8	8	10	12	14
Annen termisk kraft	9	9	8	7	5

Danmark	2019_E	2022_E	2025_E	2030_E	2040_E
Total TWh	36	42	43	53	69
Vindkraft	18	25	27	39	54
Solkraft	1	1	1	3	6
Fossil kraft	4	4	5	1	1
Biokraft	1	2	2	3	3
Annen termisk kraft	12	10	8	7	5

For Danmark består «Annen termisk kraft» hovedsakelig av decentrale verker

Finland	2019_E	2022_E	2025_E	2030_E	2040_E
Total TWh	71	86	89	93	84
Vannkraft	13	14	14	15	15
Vindkraft	6	8	10	13	18
Solkraft	0	0	0	1	1
Kjernekraft	23	36	36	41	23
Fossil kraft	10	9	7	5	2
Biokraft	13	13	13	13	14
Torv	6	6	8	5	11





NVE

Middelthunsgate 29  
Pb. 5091 Majorstuen  
0301 Oslo  
Telefon: + 47 22 95 95 95  
Følg oss  
på [www.nve.no](http://www.nve.no)

Foto: NVE