

Høringssvar til “Analyseforudsætninger til Energinet 2026”

Af Per Bjerager, PhD i klimastrategier

Energistyrelsen har i “Analyseforudsætninger til Energinet 2026” lavet en velstruktureret plan for udvikling af Danmarks energisystem frem mod 2050, som herefter kaldes ”Planen”. I Planen er der en god sammenhæng mellem udviklingen i vindkraft og etablering af elektrolyse til omdannelse af vindkraft til brint, som jeg her kalder ”Vind-Brint-Sporet”. Derudover indeholder planen en massiv udbygning med solkraft (el-paneler) og batteriparker, som jeg her kalder ”Sol-Batteri-Sporet”. Det er klart, at vindkraft også kan lagres i batteriparker, men det er af mindre betydning, for Vind-Brint-Sporet er i Planen designet, så øget produktion af brint af elektrolyse aftager hovedparten af øget vindkraft.

Det væsentligste i planen er udviklingen frem til 2030, som skal gøre det muligt at realisere de langsigtede klimamål i 2050. Den bærende strategi i Planen er elektrificering af hele energisystemet baseret på vedvarende energi (VE). En meget vigtig teknisk forudsætning i strategien er at opretholde balance mellem produktion og forbrug af el, hvor balancen skal opretholdes på alle niveauerne: år, måned, døgn og time og minut. Danmark har en velfungerende udveksling af el med nabolande til stabilisering af el-nettet. Men nabolandene har samme overordnede vejrtype og muligheder for VE som Danmark, og dermed også produktion af sol- og vindkraft samtidigt med Danmark. Derfor er mit udgangspunkt, at skal Danmark selv skal kunne afbalancere forholdet mellem produktion af sol- og vindkraft og forbrug af el.

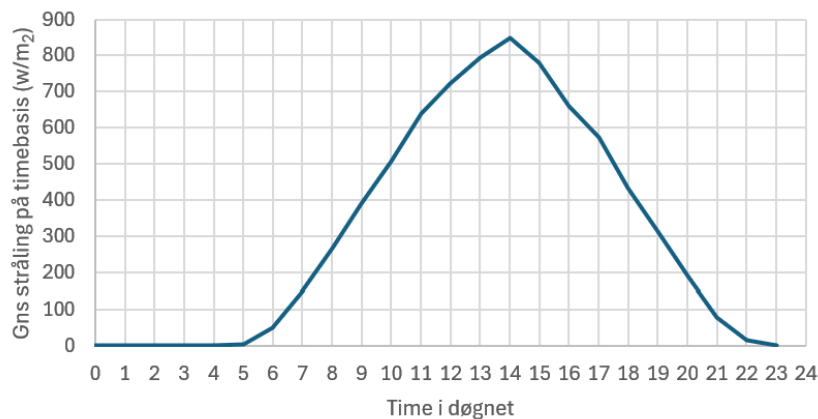
I dag har Danmark mange timer med så store overskud af vindkraft, at prisen på el bliver negativ, og forbrugere derfor får penge for at modtage el. Vores ca. 5 GW solkraft reducerer elprisen til foræringspriser, når solen skinner midt på dagen i sommerperioden, hvor produktionen i sagens natur er størst. Derfor er det min vurdering, at Danmark i dag har overkapacitet af både sol- og vindkraft. Det er godt i forhold til omstilling til forbrug til VE, men ikke i forhold til fortsatte investeringer i VE.

Ifølge planen skal der laves ekstremt store investeringer i Sol-Batteri-Sporet. Solkraft skal øges med 19 GW fra de nuværende ca. 5 GW til 24 GW i 2030. Derudover skal der bygges nye batteriparker med en samlet effekt på 8 GW og en lagerkapacitet på 32 GWh i 2030. I de følgende afsnit gennemgår jeg Planens udvikling af de to spor, og afslutter med at samle mine anbefalinger til opdatering af Planen, hvor der som noget nyt indgår anvendelse af SOFC til stabilisering af el-nettet.

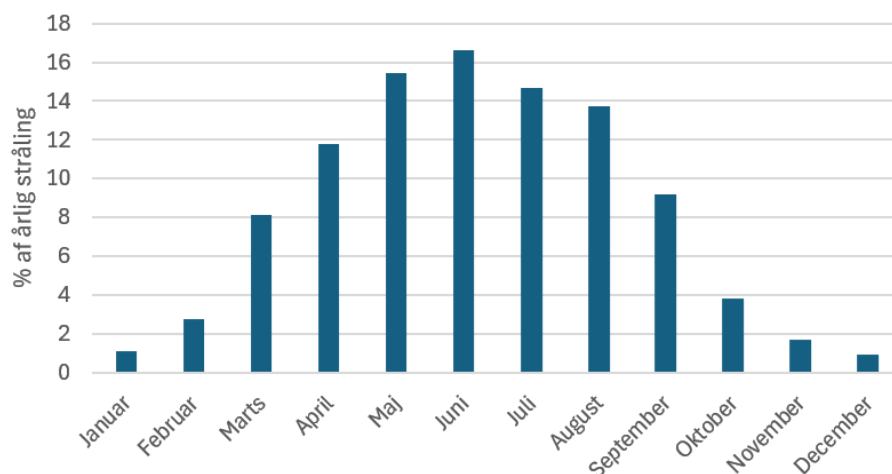
A) Kraftig overdimensionering af solkraft i forhold til batteriparker

De 19 GW ekstra solkraft er kraftigt overdimensioneret i forhold til de nye batteriparker om sommeren. Solkraften afhænger af stråling fra solen, og figur 1 viser døgnvariationen på timebasis som gennemsnit for hver enkelt time i juni måned i Nordsjælland. Af figur 1

fremgår, at solkraften vil producere ret tæt på maksimalt i en periode på ca. 8 timer hver dag i juni fra kl 10 til kl 18. Hvis man antager at effekten er 70 % af installeret effekt i perioden på 8 timer, så vil elproduktionen hver dag i juni blive $19 \text{ GW} * 70\% * 8 \text{ h} = 106 \text{ GWh}$. Dermed er den estimerede elproduktion i perioden (de 8 timer) 333% højere end batteriparkernes lagerkapacitet. Intet merforbrug i planen kommer i nærheden af at forbruge den ekstreme elproduktion. Den installerede solkraft skal være ca. 3 gange mindre for passe til batteriparkerne.



Figur 1. Gennemsnitlig sol stråling på timebasis i juni 2025, beregnet ud fra data i juni måned fra DMI station, ID 06188, i Sjælsmark, Nordsjælland.



Figur 2. Energi i stråling fra solen som procent af samlet energi i 2025 beregnet ud fra data fra DMI station ID 06188 i Sjælsmark, Nordsjælland.

B) Solkraften leverer ikke effekt på rette perioder i forhold til forbrug

I planen øges el-forbrug især til transport, datacentre, varmepumper og brint. Transport er primært køretøjer (biler og varebiler), der kører om dagen og lader om natten.

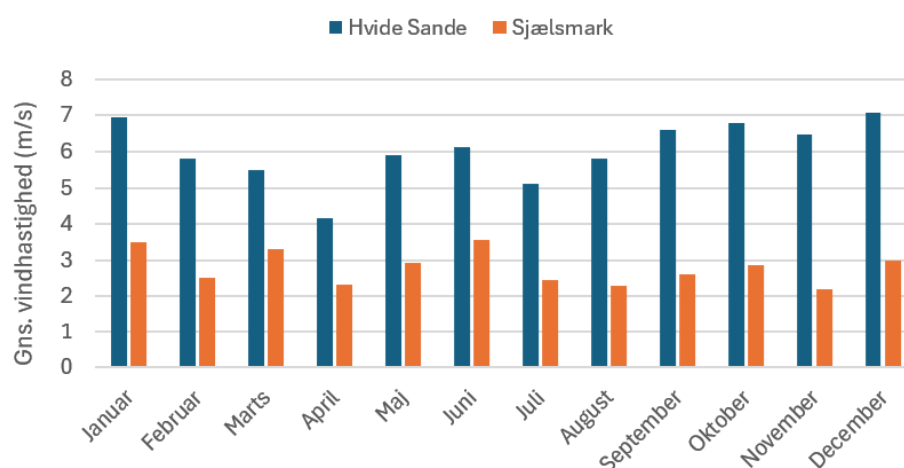
Varmepumper bruges til opvarmning og har derfor et stort el-forbrug især om vinteren - især om natten. Datacentre forventes at have et jævnt forbrug på alle niveauer fra minut til år. Planens elforbrug til brint dækkes i meget grove træk af den planlagt udbygning af

vindkraft. Dermed er planens eneste store aftager af den ekstra solkraft i juni 2030 de nye datacentre med et merforbrug på ca. 1 GW (se høringsnotat-datacentre figur 1). Dette forbrug er ubetydeligt i forhold til de 70% af 19 GW solkraft = 13,3 GW om dagen i juni måned. Da batteriparkerne ikke er store nok til at lagre solkraften i juni måned, ser Sol-Kraft-Sporet ud til at være urealistisk. Når man derudover ser på variationen i stråling fra solen over året (Figur 2), så er det meget tydeligt at solkraft overhovedet ikke er egner sig til at dække Planens el-forbrug i 2030, fordi energien stråling fra Solen er ubetydelig om vinteren i Danmark. Den samlede energi i stråling fra november til februar udgør kun 7 % af den årlige energi i strålingen. Derfor kan man slet ikke bruge solkraft i Danmark som primær energikilde til datacentre, transport og varmepumper. Med andre ord giver det kun mening af solkraft bruge supplement om sommeren til andre vedvarende energikilder med en meget mere jævn produktion året rundt.

C) Vindkraft i Nordsøen har en jævn og høj gennemsnitlig produktion på årsbasis

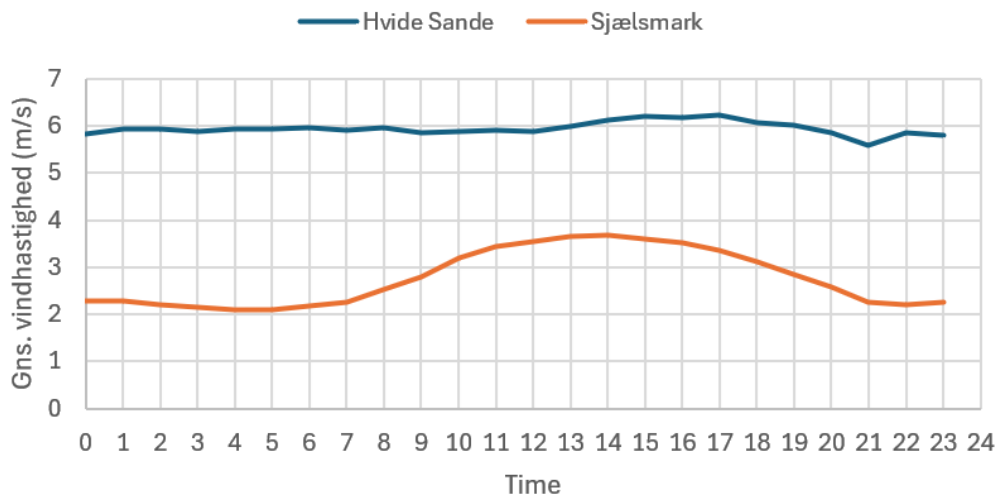
Produktion af vindkraft afhænger af vindens hastighed og varighed. Danmarks vindressourcer bliver målt på DMI's vejrstationer i 10 m højde som middelhastighed på timebasis. Ressourcerne i Hvide Sande (Stations ID 06058) på Jyllands vestkyst mod Nordsøen og i Sjælsmark (Stations ID 06188) på Sjælland fremgår af Figur 3 og 4.

På figur 3 ses middelhastighed som gennemsnit for hver måned, og den er ret jævnt fordelt over årets måneder. Der er en generel tendens til mere vind om vinteren end om sommeren og det er godt i forhold til at dække et øget forbrug til varmepumper om vinteren. Det ses også at vinden er mere end dobbelt så kraftig ved Nordsøen i forhold til på Sjælland (diskuteres nedenfor).



Figur 3. Gennemsnitlig vindhastighed for hver måned i 2025, der er beregnet ud fra data fra DMI station 06188 i Sjælsmark, Nordsjælland og DMI Station 06058 i Hvide Sande på Jyllands vestkyst mod Nordsøen.

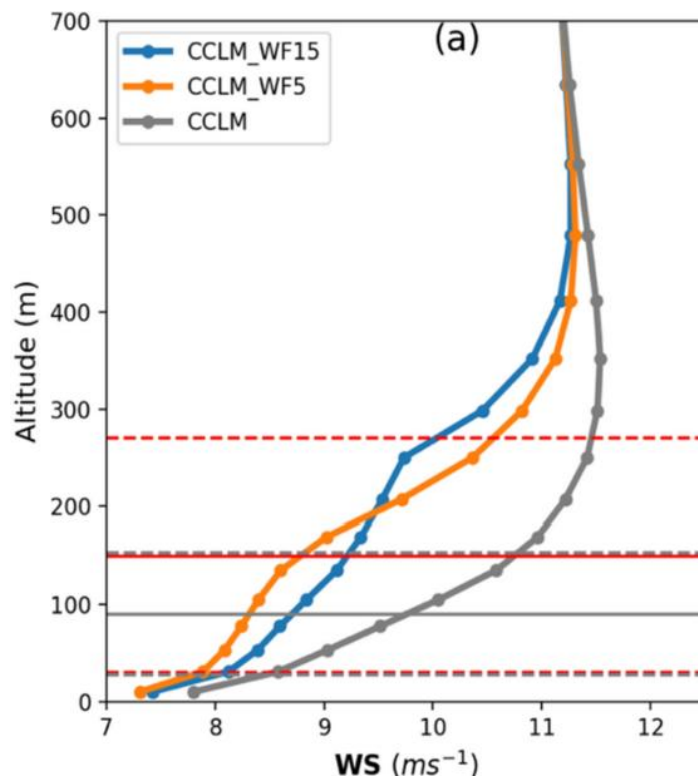
Middel vindhastighedens variation over døgnet er vist på Figur 4 som gennemsnit af hver enkelt time på årsbasis. Der er en meget ensartet høj gennemsnitlig vindhastighed i Hvide Sande ved Nordsøen på ca. 6 m/s, hvorimod Sjølsmark har en betydelig lavere vindhastighed om natten, samtidig med at det generelle niveau er under halvdelen af Hvide Sande.



Figur 4. Gennemsnitlig vindhastighed på årsbasis for hver time i døgnet, i for hver måned i 2025, der er beregnet ud fra data for 2025 fra DMI station ID 06188 i Sjølsmark, Nordsjælland og Hvide Sande (Stations ID 06058) på Jyllands vestkyst mod Nordsøen.

Det betyder at vindkraft i Sjølsmark sjældent kan yde maksimalt, og ydelsen er tilmed lavest om natten. Det er især et problem om vinteren, hvor der som følge af Planen vil være højt elforbrug til varmepumper, datacentre og transport. Det viser at vindkraft på land er en markant dårligere energikilde end vindkraft ved Nordsøen.

Der er udviklet meget høje vindmøller til at udnytte vindressourcen i Nordsøen som fx den danske Vestas V236-15.0 MW, med en maksimumeffekt på 15 MW og en rotor diameter på 236 m. Vindmøllen har en ekstremt høj kapacitetsfaktor på over 60, som betyder at den på årsbasis har en elproduktion, der svarer til vindmøllen yder de maksimale 15 MW i over 60 % af året. Den naturvidenskabelige forklaring på denne meget høje kapacitetsfaktor er, at vindhastigheden stiger med højden over havet. Figur 5 viser en videnskabelig modellering af vindhastigheden uden vindmøllepark (CCLM), og når vinden udnyttes af dels en 5 MW vindmøllepark (CCLM_WF5) og en 15 MW vindmøllepark (CCLM_WF15), hvor parkerne har ens samlet effekt.



Figur 5. Modellering af tre vindprofiler i Nordsøen: uden vindmøllepark (CCLM), når vinden udnyttes af en 5 MW vindmøllepark (CCLM_WF5), og en 15 MW vindmøllepark (CCLM_WF15). Kilde: Akhtar et al (2024): Larger wind turbines as a solution to reduce environmental impacts; www.nature.com/scientificreports.

Det ses på figur 5, at (CCLM_WF15) bremser vinden mere stor højde på 300-400 m, hvor vindhastigheden uden møller er størst. Derfor er meget høje vindmøller i Nordsøen den bedste måde i Planen til at sikre en høj og jævn produktion af el til Planens forbrug af el.

Den store udfordring ved vindkraft er betydelige naturlige variationer i vindhastighed fra time til time og fra døgn til døgn, som ikke fremgår af viste gennemsnit på figur 3 og 4. Både sommer og vinter er det normalt med stabile vindstille højtryk over Danmark, der kan vare i flere uger. Det nuværende elnet bliver stabiliseret af store termiske kraftværker, men ifølge planen skal de udfases gradvist mellem 2028 og 2040. Man kan argumentere for at der i fremtiden bør bruge batterier til at afbalancere elnettet. Batterier er gode til at udligne variationer inden for få timer og i nogen tilfælde mellem dag og nat. Men batterier kan ikke levere el i flere dage med vindstille højtryk om vinteren. Man er derfor nødt til at have et el-beredskab til de vindstille perioder med højtryk. Et muligt beredskab kan være gasturbiner der kører på brint og/eller biometan. Der findes imidlertid en anden og langt bedre løsning end batterier og el-beredskab til at afbalancerer el-nettet på både døgn og ugebasis. Denne løsning er SOFC.

D) Produktion af brint og el med SOFC

SOFC står for "Solid Oxid Fuel Cell", og denne teknologi er i Danmark udviklet af firmaet "Topsoe". Oprindeligt forskede Topsoe i brug af SOFC som brændselscelle til omdannelse af brint til el, men stoppede da der ikke var efterspørgsel på denne anvendelse. For nogen år siden genoptog Topsoe udviklingen af SOFC til den omvendte proces af brændselsceller, hvor el omdannes til ilt og brint ved elektrolyse af vand. Topsoe byggede en fabrik i Herning med en årlig kapacitet på 500 MW SOFC, der har verdens mest effektive kommercielle elektrolyse. Desværre blev fabrikken lagt i dvale i år (2026), da der manglede kunder.

I Energistyrelsens teknologikatalog "Renewable fuels, version 15" er SOFC kun omtalt som en teknologi til produktion af brint ved elektrolyse, for det er emnet i kataloget. Jeg kender ingen, der i nyere tid har omtalt brug af SOFC som brændselscelle til at omdanne brint til el. Ifølge Planen skal Danmarks elektrolysekapacitet øges fra nær nul i 2026 til 2,8 GW i 2030. Jeg anbefaler at man i Planen anvender SOFC til elektrolyse og designer anlæggene med reversering, så de også virker som brændselsceller med produktion af el fra brint.

SOFC kan variere produktion fra nul til maksimum på få sekunder – både for el til brint og fra brint til el. Dermed fungerer SOFC principielt ligesom som batteriparker til lagring og produktion af el efter behov, og dermed til stabilisering af elnettet. Den ene store fordel ved SOFC er lagring af energien som brint, der kan lagres den danske undergrund til flere måneders forbrug af brint til produktion af el med SOFC. Til sammenligning kan batteriparker kun levere el i få timer ved maksimal effekt. Den anden store fordel er, at SOFC kan opfylde Planens brug af el til produktion af brint til e-fuels og eksport. Man skal dog være opmærksom på, at SOFC har en større energitab end batteriparker. Derfor kan der på længere sigt blive behov for at lave en optimering af forholdet mellem SOFC og batteriparker i takt med udfasningen af de termiske kraftværker.

E) Vind-Brint-Sporet skaber danske arbejdspladser og forbedrer handelsbalancen

Planen for Vind-Brint-Sporet kan baseres på dansk produktion af vindmøller og SOFC som beskrevet i afsnit C og D. Det skaber i Danmark arbejdspladser, økonomisk vækst og bedre muligheder for eksport i kraft af Danmark som reference/reklame. Denne mulighed står i skarp kontrast til Sol-Batteri-sporet, hvor Kina i praksis har næsten monopol på produktion af el-paneler til solkraft og batteriparker. I 2025 havde Danmark et underskud på -30 milliarder kroner i handlen med Kina. Underskuddet vil blive væsentligt større hvis SOL-Batteri-Sporet i Planen bliver realiseret.

I artiklen "Kina banker kæmpebatterier op i uhørt tempo" (Gridtech 24/9 2025) beskrives etableringen af verdens største batteripark på 550 MW og 2 GWh med en forventet

anlægspris på cirka 2,85 mia. kroner. Når der antages samme pris pr. MW ved realisering af Planens 8 GW batteripraker i 2030, så svarer det til 15 stk batteriparker på 550 MW til en samlet pris på ca. 41 milliarder kr. Et åbent spørgsmål er om en sådan ekstrem stor dansk ordre på 8 GW batteriparker i Kina vil få verdensmarkedprisen på batteriparker til at stige – eller om Kina med sit stadigt stigende forbrug af kulraft uden CO₂-fangst kan øge sin produktionen af batteriparker, og dermed holde prisen på dem nede!

Konklusion

På baggrund af argumenterne i afsnit A, B, C, D og E er det min anbefaling at Planen bliver opdateret på følgende måder:

- 1) SOL-Batteri-Sporet baseret på kinesisk teknologi sættes på pause til 2030
- 2) Der satses massivt på Vind-Brint-Sporet baseret på dansk produktion af vindmøller og SOFC med både produktion af brint ud fra el og produktion af el ud fra brint.
- 3) Planen for landvind nedprioriteres og i stedet satses der massivt på havvind i Nordsøen.
- 4) Der etableres lagring af brint i den danske undergrund til brug for stabilisering af elnettet med SOFC.

Jeg ser frem til at studere Energistyrelsens opdatering ”Analyseforudsætninger til Energinet 2026” på baggrund af alle høringssvar. Det er i sagens natur en vigtig opgave at forholde sig til argumenter og anbefalinger i svarerne, og derefter afveje dem i forhold til hinanden og de politiske aftaler.