

2018

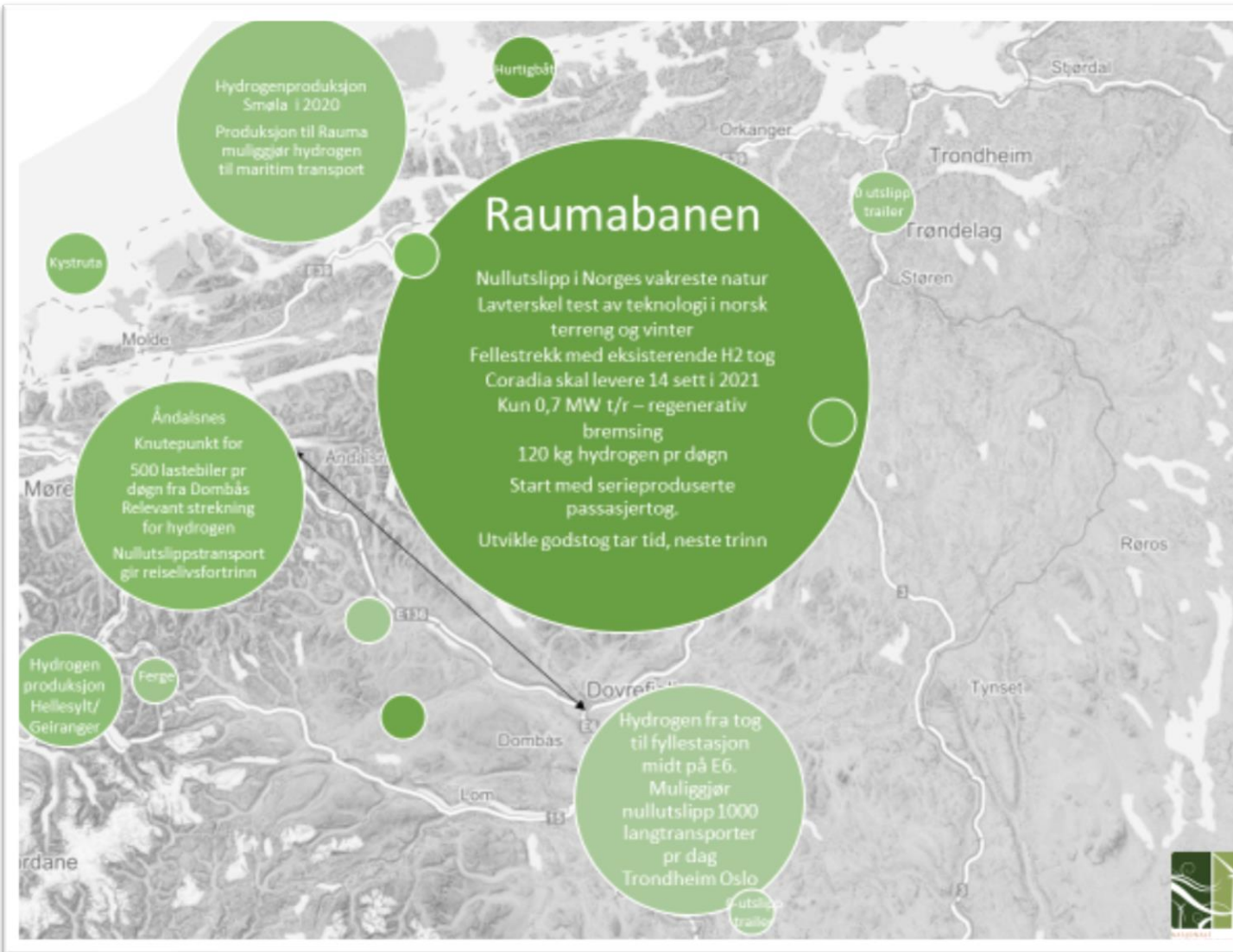
Hydrogentog Raumabanen



Nasjonalt Vindenergisenter AS

30.10.2018

Hydrogentog Raumabanen – et gjennomførbart ringvirkningsprosjekt!



Utredningen er gjort av Nasjonalt Vindenergiser AS som en del av Interreg North Sea Region prosjektet G-PaTRA (Green Passenger Transport in Rural Areas). Møre og Romsdal Fylke, Smøla Næring og Kultursenter og Nasjonalt Vindenergiser er norske partnere i prosjektet.

Raumabanen som nasjonal pilot for kjøring av hydrogen tog

Konklusjoner

- Utviklingen av hydrogendrevne passasjertog, med igangsetting av kommersiell drift i Tyskland i september 2018 og ytterligere økning i 2021, gjør at hydrogendrift framstår som et realistisk alternativ for nullutslippsdrift av passasjertrafikken på Raumabanen fra 2021.
- Toget som kjøres i Tyskland (Coradia iLint) vil trolig kunne brukes på Raumabanen med mindre modifikasjoner, og vil gi en økning i seteantall på ca. 50 %. Dette samsvarer godt med mål for vekst i passasjertrafikken.
- Hydrogendrevet passasjertrafikk på Raumabanen gir mulighet for uttesting av hydrogen tog i Norge med bruk av vel-prøvet teknologi og med begrenset behov for investeringer i infrastruktur.
- Godstransport med hydrogendrift framstår også som et realistisk alternativ, men med en mer usikker tidslinje siden det per i dag ikke finnes i demonstrasjon eller produksjon.
- Ved hydrogendrift av både passasjer- og godstrafikk forventes et hydrogenforbruk i området 260 – 350 kg/dag ved dagens driftsopplegg. Dette fordeler seg på 120 – 170 kg/dag til passasjertrafikk og 140 – 180 kg/dag til godstrafikk.
- Ved hydrogenforbruk over 300 kg/dag vil det trolig lønne seg å investere i eget produksjonsanlegg. Dette forventes å ha en kostnad rundt 20 – 25 millioner.
- Ved hydrogenforbruk under 200 kg/dag vil det trolig lønne seg å få hydrogen tilkjørt fra andre produsenter, som Smøla eller Hellesylt.
- Hydrogenprosjektet på Smøla vil ha finansielt grunnlag for produksjonsoppstart ved leveranse i størrelsen Raumabanen trenger. Det vil muliggjøre flere andre pilotprosjekt for maritim transport. Det antas at det samme gjelder Hellesylt.
- Hydrogendrift av Raumabanen med etablering av hydrogenproduksjon eller infrastruktur på Åndalsnes vil gi store muligheter for positive ringvirkninger som avkarbonisering av godstransport på veg og bærekraftig vekst i turisme.

Bakgrunn og innhold

I Stortingsmelding Meld. St. 26, Nasjonal Transportplan 2014-2023 sier regjeringen at det skal settes i gang elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen i planperioden. NTP 2014-2023 sier samtidig at elektrifisering av resterende baner i Norge skal vurderes gjennom en utredning. Den tekniske delen av denne utredningen ble utført av SINTEF i perioden 2014 – 2016 og resulterte i rapporten «Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner». Dette er en omfattende rapport som tar for seg muligheter for nullutslippsdrift av dagens ikke-elektrifiserte jernbanestrekninger, med hovedfokus på tekniske muligheter og begrensninger samt utsikter til teknologiutvikling. Rapporten konkluderer med at flere alternative driftsformer vil være aktuelle og gi nullutslipp allerede i 2021. Det anbefales derfor å ikke gjennomføre konvensjonell elektrifisering (utbygging av kjøreledning) av ikke-elektrifiserte baner før alternative nullutslippsteknologier er utredet mer i detalj.

Elektrifisering av jernbanestrekninger med dieseldrift har de siste månedene blitt satt på den politiske agendaen. Først gjennom et utspill 25. september fra nasjonal talsperson i MDG Arild Hermstad om Rørosbanen og Nordlandsbanen som pilotstrekninger for hydrogentog, og seinere gjennom et representantforslag (21 S (2018-2019)) signert Arne Nævra, Karin Andersen og Lars Haltbrekken (alle SV) om pilotprosjekt med hydrogendrevet tog som ikke var spesifisert til banestrekning. Jfr. Dagsavisen 4. oktober er det trolig politisk flertall for at hydrogentog bør testes ut, men det er ikke enighet om hvor det bør skje.

Dette notatet omhandler mulighetene for nullutslippsdrift av Raumabanen ved bruk av hydrogentog. Notatet tar utgangspunkt i resultatene fra SINTEFs rapport, og oppdaterer og utdyper disse med utvikling som har skjedd etter 2016 og momenter som da lå utenfor oppdraget. Notatet starter med en kort introduksjon til hydrogenteknologi, tar så for seg tekniske aspekter ved hydrogendrift av Raumabanen inkludert ulike muligheter for produksjon eller leveranse av hydrogen før det diskuteres hvilke andre ringvirkninger hydrogendrift av Raumabanen vil kunne gi.

Kort om hydrogen

Hydrogen er det vanligste grunnstoffet på jorda, primært bundet til oksygen som vann eller karbon i ulike hydrokarboner. Hydrogen kjennetegnes ved svært lav volumetrisk energitetthet (3.5 kWh/Nm³), men svært høyt energiinnhold per vektenhet (33.3 kWh/kg).

Produksjon

Det finnes to hovedmåter for produksjon av hydrogen – enten ved reformering av naturgass eller ved spalting av vann, såkalt vannelektrolyse. Reformering av naturgass er per i dag den mest anvendte og billigste måten å produsere hydrogen i store kvanta, men metoden slipper ut betydelige mengder CO₂. Uten fangst og lagring av CO₂ utgjør ikke hydrogen fra naturgass et nullutslippsalternativ. Hydrogenproduksjon fra vann – vannelektrolyse – foregår ved at vann spaltes til hydrogen og oksygen ved at det tilføres elektrisitet. Dette er gammel og velprøvd teknologi, og er bl.a. teknologien Norsk Hydro brukte for ammoniakkproduksjon fra slutten av 20-tallet. Vannelektrolyse med strøm fra fornybare

energikilder har fordelen at hydrogenet utgjør et reelt nullutslippsalternativ, men metoden er kostnadskrevenende.

Lagring og transport

Lagring og transport av hydrogen er krevende på grunn av de små molekylene som gir stor risiko for lekkasjer og at gassen er svært lett antenkelig. Dette stiller strenge krav til materialvalg og utforming av lagringstanker. Det finnes imidlertid flere selskaper, bl.a. Hexagon Composites ASA med hovedkontor i Ålesund, som har gode løsninger på dette. På grunn av den lave volumetriske energitettheten lagres hydrogen normalt i trykksatte tanker (350 eller 700 bar). Komprimering til hhv. 350 eller 700 bar er en avveining mellom plassbehov, kostnad og energibruk. Komprimering til 700 bar krever dyrere lagringstanker og mer energi, og er derfor først og fremst et alternativ der hvor plassen er begrenset, som i personbiler. For større kjøretøy som tog vil trolig 350 bar være et naturlig valg.

Bruk

Hos sluttbruker brukes hydrogenet som drivstoff i en brenselcelle, hvor energien konverteres til elektrisitet med varme og vann som biprodukter. Den kjemiske energien lagret i hydrogenet omgjøres ved at hydrogen og oksygen møtes over en membran. Denne er laget slik at protonene i hydrogenet kan passere gjennom membranen, mens elektronene ledes i en ledning utenom membranen og danner strøm som kan utnyttes som elektrisitet. Hydrogen kan også brennes, men dette gir vesentlig lavere effektivitet enn omgjøring av hydrogen til elektrisitet i brenselceller.

Kostnader

Kostnader til hydrogen produksjon består av investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader. Investeringskostnadene består av selve produksjonsanlegget, lagring samt infrastruktur for distribusjon. Driftskostnadene består primært av energi (strøm) og vedlikehold. Produksjonspris per kilo hydrogen vil avhenge av produksjonsvolum, transportbehov og energikostnad. Høyt volum, lavt transportbehov og lav energikostnad vil i kombinasjon gi den laveste hydrogenprisen, men i praksis vil det som oftest være behov for å gjøre avveining mellom disse. For eksempel kan det å transportere hydrogen til flere brukere muliggjøre større produksjonsvolum eller lavere energikostnad.

Hydrogentog på Raumabanen

Raumabanen er en 114 km lang enkeltsporet strekning mellom Dombås og Åndalsnes. Strekningen brukes til både gods- og passasjertransport, med en normaltrafikk på fire passasjertog hver retning hver dag og ett godstog hver retning hver dag. Raumabanen er ikke elektrifisert og trafikkeres i dag av dieseldrevne godslokomotiv og dieseldrevne motorvogner (type 93). I 2016 hadde Raumabanen 212 000 passasjerer, noe som tilsvarer et belegg på i underkant av 50 %. Raumabanen er kjent som en av Norges villeste og vakreste togstrekninger, og turisme utgjør derfor en betydelig del av passasjergrunnlaget. Turisttrafikken gjør også at de negative konsekvensene av utbygging av kjøreledning, med påfølgende forringet utsikt, blir store. Raumabanen antas å ha et betydelig vekstpotensial innenfor turisme, og den antas også å ha et betydelig utnyttet godspotensial. Mulighetene for videre utnyttelse av potensialet vil imidlertid avhenge av forhold som oppgraderinger av banen, rassikring etc.

Hydrogentog

Et hydrogentog er enkelt forklart et elektrisk drevet tog som produserer sin egen strøm fra lagret hydrogen ved hjelp av brenselceller. Et hydrogentog skiller seg derfor i liten grad fra et batteridrevet tog eller et elektrisk tog drevet fra kjøreledning – det er elektromotorer som står for fremdriften og forskjellen ligger i hvor man henter energien. I et hydrogentog vil energien være lagret i form av hydrogen i trykksatte tanker og brukes som drivstoff for brenselceller hvor energien i hydrogenet konverteres til elektrisitet, varme og vann. Driften av hydrogentog vil derfor ikke ha andre utslipp enn eventuelle utslipp fra produksjonen og distribusjonen av hydrogen. Normalt vil det være hensiktsmessig å kombinere hydrogendrift med batterier. Disse vil ligge som en buffer mellom brenselcellene og elektromotorene og bidra med ekstra effekt ved akselerasjon og lagre bremseenergi. Batteriene vil slik bidra både til optimalisering av drift og forlengelse av levetiden til brenselcellene, og til økt energieffektivitet gjennom at bremseenergien utnyttes. På strekninger med mye fall, som fra Bjorli til Åndalsnes vil det gi en betydelig reduksjon i energibehovet.

Godstog

Etter hva vi kjenner til finnes det ikke hydrogendrevne godslokomotiver i drift i dag. I SINTEF-rapporten er det valgt en fleksibel tilnærming hvor man istedenfor å basere seg på et nyutviklet hydrogenlokomotiv benytter et ordinært elektrisk godslokomotiv og utvikler en egen vogn med hydrogenlager, brenselceller og batterier som står for strømforsyningen til dette. Fordelene med en slik løsning er at det blir mulig med store hydrogentankvolum og dermed lang rekkevidde, og at lokomotivene også kan kjøres med strøm fra kjøreledning der hvor det er tilgjengelig. Utviklingskostnadene vil også trolig bli lavere enn om tanker, brenselceller med mer skal plasseres i lokomotivet. Ulempen er at det tar opp en vogn som ellers kunne blitt brukt til last.

SINTEF estimerer at én tur/retur reise Åndalsnes - Dombås krever 2,8 MWh inklusiv effekten av regenerativ bremsing. Dette fordeler seg på ca. 2,5 MWh fra Åndalsnes til Dombås og ca. 0,3 MWh fra Dombås til Åndalsnes. Dagsforbruket av hydrogen ved ett godstog i hver retning per dag blir da i området 140 – 180 kg/dag.

På grunn av begrenset godstrafikk over Raumabanen foreslår SINTEF at det ikke utvikles en egen, tilpasset energiforsyningsvogn til Raumabanen, men at det utvikles én felles energiforsyningsvogn som vil fungere på alle ikke-elektrifiserte banestrekninger i Norge. Denne er foreslått å ha lagringskapasitet til 51 MWh hydrogen netto (energi levert til motor, fratrukket virkningsgraden til brenselcellene). Ved et hydrogenforbruk som angitt over vil dette holde til 15 – 20 dagers drift.

Passasjertog

I september 2018 ble verdens første kommersielle hydrogendrevne passasjertog satt i drift i Niedersachsen i Tyskland på strekningen Cuxhaven – Buxtehude (240 km). Fram til 2021 skal strekningen trafikkeres av to hydrogendrevne prototyper. Fra 2021 er det underskrevet kontrakt på leveranse av 14 hydrogendrevne tog, inklusive 30 års drifts- og vedlikeholdsavtaler, som skal ta over all passasjertrafikk på strekningen. Toget, kalt Coradia iLint, er en modifisert versjon av Alstoms regiontogmodell Coradia Lint 54. Dette er et tog som har mange fellestrekk med Type 93 som trafikkerer Raumabanen i dag, men som er noe lenger (54,3 meter mot 38,2 meter) og dermed har høyere passasjerkapasitet (138 seter mot 90 seter, tilsvarer en økning i passasjerkapasitet på 53 % ved samme driftsopplegg). Begge tog består av to stykk motorvogner og motoreffekt per vekt er relativt lik (155 kg/kW mot 137 kg/kW).

I mangelen på et godt elektrisk sammenligningsgrunnlag til Type 93 har SINTEF sammenlignet tredoble sett Type 93 med enkle sett FLIRT (Type 75, kjøres som lokaltog på Østlandet). Dette er et betydelig større tog, nesten tre ganger så langt og tre ganger så tungt som Type 93. Dette vil gi en økning i passasjerkapasitet på nesten 230 % (295 seter mot 90 seter), noe som neppe vil være nødvendig på kortere sikt. For dette er det beregnet en energibruk på 1,5 MWh tur/retur inklusiv effekten av regenerativ bremsing. Dette fordeler seg på ca. 1,1 MWh fra Åndalsnes til Dombås og ca. 0,4 MWh fra Dombås til Åndalsnes.

Ved å anta at energibruken er proporsjonal med hvor stor masse som flyttes kan energibruken skaleres til å gi en approksimasjon av Coradia iLint kjørt på samme strekning. Med en vekt i underkant av halvparten av FLIRT gir dette en samlet energibruk på 0,65 – 0,7 MWh tur/retur inklusiv effekten av regenerativ bremsing. Dagsforbruket av hydrogen ved fire passasjertog i hver retning per dag blir da i området 120 – 170 kg/dag. Versjonen av Coradia iLint som vil bli levert fra 2021 får lagringskapasitet for 120 kg hydrogen. Disse vil da kunne kjøre 3-4 ganger tur/retur Åndalsnes – Dombås for hver fylling.

Leveranse av hydrogen

Basert på antakelsene, beregningene og estimatene over vil samlet hydrogenforbruk ved hydrogendrift av Raumabanen ligge i området 260 – 350 kg/dag med dagens driftsopplegg. Godstrafikken (1 tog per retning per dag) vil stå for 140 – 180 kg, mens passasjertrafikken (4 tog per retning per dag) vil stå for 120 – 170 kg.

Ved overgang til hydrogendrift av både gods- og passasjertrafikk på Raumabanen vil man komme opp i et hydrogenforbruk (260 – 350 kg/dag) som trolig kan forsvare investering i et eget anlegg for hydrogenproduksjon. Det vil være behov for en elektrolyser i størrelsesorden 600 – 800 kW, og samlet investering vil ligge rundt 20 – 25 millioner avhengig av bl.a. volum på lagringstanker og fylløsning.

Hydrogenpris vil være svært avhengig av energikostnaden til hydrogenproduksjonsanlegget, men kan forventes å ligge i området 50 – 80 kr/kg.

Ved overgang til hydrogendrift av enten gods- eller passasjertrafikken på Raumabanen blir hydrogenforbruket (120 – 180 kg/dag) for lite til at det kan forsvare investering i eget hydrogenproduksjonsanlegg. Dette vil kunne løses ved at man får hydrogen tilkjørt fra produksjon et annet sted. Bl.a. på Smøla og i Hellesylt foreligger det konkrete planer om hydrogenproduksjon som vil ha gode muligheter for realisering med Raumabanen som kunde. Planene for hydrogendrevet hurtigbåt mellom Kristiansund og Trondheim vil trolig også virke utløsende for etablering av hydrogenproduksjon på Nordmøre. Tilkjørt hydrogen vil innebære et påslag på hydrogenprisen til transport (anslagsvis 10 – 20 kr/kg avhengig av avstand og mengde per transport), men dette påslaget vil være mindre enn økningen i produksjonskostnad per kg man får ved produksjon av små volum hydrogen (f.eks. 100 kg/dag) istedenfor større volum hydrogen (f.eks. 300 kg/dag). Tilkjøring vil også kreve betydelig lavere lokale investeringer. Alternativt kan man baserer seg på flere forbrukere (lastebiler, busser, maritime brukere etc.) for å øke forbruket og muliggjøre egenproduksjon. Dette vil innebære en økt usikkerhet i at flere aktører må bli med på satsingen, men kunne virke utløsende for å få for eksempel godstrafikk på veg, turistbusser eller turistbåter over på hydrogendrift.

Ringvirkninger

En av de største utfordringene ved innføring av hydrogen er det klassiske «høna eller egget»-problemet, det er vanskelig å få kunder uten å ha hydrogeninfrastruktur samtidig som det er vanskelig å etablere hydrogeninfrastruktur uten å ha kunder. Store offentlige kunder, som Raumabanen, vil kunne bryte opp sirkelen og gi tilstrekkelig volum og forutsigbarhet til å etablere nødvendig hydrogeninfrastruktur. Når denne først er etablert vil terskelen for å ta i bruk hydrogen også til andre formål være betydelig lavere.

Åndalsnes er preget av en sterk turistnæring med betydelige vekstambisjoner. Bruk av hydrogen til nullutslippsdrift av turistbusser, båter med mer vil her kunne bidra til at vekst i turistnæringen kan kombineres med bærekraft. Dette vil være bra for lokalmiljøet, og vil trolig også virke turismefremmende i seg selv. Ved vekst i godstransport på bane vil Åndalsnes også ha potensiale til å bli et betydelig knutepunkt for godstrafikk mellom Østlandet og Nord-Vestlandet. Utviklingen av hydrogendrevne lastebiler går veldig fort, mye takket være ambisiøse produsenter som Nikola og framsynte kunder som Asko, og er ventet å utgjøre et fullgodt alternativ til dieseldrevne lastebiler innen få år. Disse vil ha tilstrekkelig rekkevidde til å hele Sunnmøre og Nordmøre med hydrogenfylling på Åndalsnes.

Dombås ligger sentralt til i krysset E6 – E136 som et knutepunkt mellom Østlandet, Nord-Vestlandet og Trøndelag, 200 km fra Trondheim, 210 km fra Ålesund og 335 km fra Oslo. Døgntrafikken av tyngre kjøretøy på E136 gjennom Romsdalen er rundt 500 per dag, mens den på E6 forbi Dombås er i underkant av det dobbelte. I en framtid med økt bruk av nullutslippsteknologi til godstransport på vei vil Dombås ligge svært godt til som et fyllestopp for hydrogen. Dette hydrogenet vil for eksempel kunne produseres fra lokalprodusert vannkraft på Åndalsnes for så å transporteres med tog til Dombås.



NASJONALT
VINDENERGISENTER

NVES jobber i skjæringspunktet mellom offentlige myndigheter, næringsliv og akademia.

Vi ser muligheter, fører aktører sammen og tar initiativ til prosjekter der nyskaping og FoU innen fornybar energi bidrar til økt lønnsomhet og reduserte klimagassutslipp.



NEAS

www.nves.no www.twitter.com/vindenergi Thomas Bjørdal 95893289 thomas@nves.no