

Programbeskrivning för

Programbeskrivning Svenskt VindkraftsTekniskt Centrum

2019-01-09 – 2022-12-31

Innehåll

1	Sammanfattning	3
2	Programmets inriktning	4
2.1	Vision.....	4
2.2	Mål.....	4
2.3	Framgångskriterier.....	5
2.4	Forsknings-, utvecklings- och teknikområden.....	6
2.5	Expertområden.....	15
3	Bakgrund	20
3.1	Forsknings-, utvecklings- och teknikområden som inte omfattas av programmet.....	22
3.2	Andra anknyttande satsningar.....	22
4	Genomförande	23
4.1	Tidplan.....	23
4.2	Budget och kostnadsplan.....	23
4.3	Samverkans- och Kompetenscentrumsavtal.....	25
4.4	Jämställdhet.....	25
4.5	Programspecifika anvisningar och hantering av ansökningar.....	25
4.6	Programråd.....	26
4.7	Kommunikationsplan och resultatspridning.....	26
4.8	Utvärdering.....	27

1 Sammanfattning

Svenskt VindkraftsTekniskt Centrum (SWPTC) vision är att vindkraftverk i Sverige har hög tillförlitlighet och kostnadseffektiv drift för att främja industrin och vindkraftsutbyggnaden i Sverige. Målsättningen är att forskningen ska leda till en ökad livslängd hos vindkraftverken med hjälp av bättre lastprediktering, optimal drift samt förebyggande underhåll och kostnadseffektiv elsystemintegration.

SWPTC har under sina första etapper skapat en gedigen teknikkunskap inom vindkraft, etablerat en forskargrupp med stark kritisk massa och hög kompetens inom vindkraftens viktigaste teknikområden. Centrumet har producerat sex doktorsavhandlingar (två till presenteras under 2018), visat på att vindkraftverk i skogen utsätts för dubbelt så höga krafter jämfört med placering i slättlandskap och att med god systemkunskap och smart reglering kan en säker drift av havsbaserade vindkraftsparker säkerställas. Vidare har det etablerats ett stabilt samarbete med ett flertal vindkraftsföretag i Sverige och några i utlandet. SWPTC är idag representerade inom IEA, EAWC, EERA på internationell nivå. Dessutom har SWPTC varit drivande i de fem senaste vindkraftskonferenserna i Sverige inom forskning. Personer verksamma inom SWPTC finns också representerade i Energimyndighetens strategiska råd för vindkraft och dess grundforskningskommitté.

Forskningen i SWPTC utförs i större samlade projekt med kompetenser från flera expertområden vilket ger en stark kritisk massa. Forskningen utförs i samverkan mellan akademiska partners och industrin, gärna flera aktörer inom samma projekt. Bakgrund och problemformulering sker i nära samarbete med industripartners för att få så relevant och nyttigt projekt som möjligt. Projekten rekommenderas av programrådet och beslutas av Chalmers tekniska högskolas rektor. Programmet löper under fyra år med start den 1 november 2018. SWPTC:s samlade budget planeras att under fyra år uppgår till 48 MSEK. Under programmets sista år sker en uppföljning av en internationell grupp forskare.

Sverige har en tydlig målsättning om 100 % förnybar elproduktion 2040. Energimyndighetens bedömning är att det behöver byggas vindkraftverk som producerar 60 TWh ny vindkraftsel för att nå målet. Detta innebär att minst ett vindkraftverk installeras per arbetsdag under minst 20 år. Vidare är Energimyndighetens näringspolitiska mål inom vindkraft att stärka den svenska konkurrenskraften och skapa förutsättning för fler jobb och växande företag samt öka exporten och Sveriges attraktionskraft för investeringar. I strategin framhåller vidare Energimyndigheten att vindkraftverken skall vara resurseffektiva för en säker och hållbar drift i kallt klimat, i skogs- eller i havsmiljö.

2 Programmets inriktning

2.1 Vision

Svenskt VindkraftsTekniskt Centrums (SWPTC) vision är att vindkraftverk i Sverige har hög tillförlitlighet och kostnadseffektiv drift. Genom SWPTC har vindkraftsindustrin och speciellt operatörer, serviceutövare samt komponenttillverkare fått god kunskap och förståelse för de svenska driftsförhållandena: skog, kallt klimat och hav. SWPTC ska fortsätta skapa goda förutsättningar för komplexa forskningsprojekt där flera expertområden samverkar med tät kontakt mellan industrin och akademien. På detta sätt bidrar SWPTC till att Sverige uppnår 100% förnybar elproduktion till 2040 på ett tekniskt optimalt sätt.

2.2 Mål

SWPTC:s utfallsmål:

Målet med Centrumets fortsatta verksamhet är att fördjupa komponent- och systemkunskapen kring hela vindkraftverk samt tillhörande system för att möjliggöra:

- Forskning av högsta klass i syfte att resultera i optimala vindkraftverk och delsystem samt att minska drifts- och underhållskostnaderna.
- Svensk utveckling och produktion av komponenter och delsystem.

SWPTC:s program mål:

Forskningscentrumets mer specifika målsättning är att verksamheten ska leda mot:

- En ökad livslängd med hjälp av bättre lastprediktering, optimal drift samt förebyggande underhåll.
- Utveckla elkrafttekniken inom vindkraftverket för att erhålla en kostnadseffektiv elsystemintegration och elproduktion.
- Utveckling av underhållsmetoder, inklusive feldetektering, utgående från driftsdata i samverkan med konstruktionsdata.
- Driftsäkra vindkraftverk med hög tillgänglighet i kallt klimat, skog och till havs.

SWPTC:s delmål

- Minst 2 projekt med en budget på minst 12 miljoner vardera där minst två expertområden är involverade.
- Alla forskningsprojekt involverar minst två expertområden.
- 2 doktorsavhandlingar
- 1 licentiatavhandling
- 8 publikationer som presenterats på internationella konferenser
- 3 publikationer i internationella tidskrifter

- Minst 4 seniora forskare är verksamma inom SWPTC-projekt där de utför minst 40% av arbetet
- Minst 2 forskare inom Centrumet är verksamma inom internationella intresseorganisationer inom vindkraftsområdet.
- Minst 2 forskare inom Centrumet är verksamma inom internationella forskningsprojekt inom vindkraftsområdet som startas under programtiden.
- Samverkan mellan SWPTC-projekt och minst 2 internationella forskare från olika organisationer ska initieras under programperioden. De internationella forskarna bedriver egen forskning inom samma område som SWPTC-projektet.

2.3 Framgångskriterier

Ett kompetenscentrum som SWPTC främjar täta kontakter och god samverkan mellan industrin och akademien. Forskare som medverkar i forskningsprojekt inom Centrumet får en bättre förståelse för företagets perspektiv och blir därmed mer attraktiva på arbetsmarknaden, antingen inom industrin eller akademien. Likaså företag som medverkar i kompetenscentrum får kompetensutveckling av sin personal. Ett kompetenscentrum verkar även som ett nätverk mellan de medverkande industriparterna. Tillgång till infrastruktur för både akademi och industrin utökas även i och med samarbetet. Kompetenscentrumet utgör också en plattform därifrån andra satsningar kan göras, så som medverkan i internationella projekt eller EU-projekt.

I första etappen av SWPTC byggdes kunskapen om vindkraftverket upp inom de medverkande akademiska parterna, från expertkunskap inom sina respektive ämnen till att applicera dem på vindkraft. Detta kunde sedan vidareutvecklas i etapp 2 där forskningen fördjupades, men även kopplades ihop mellan expertområdena. Den här utvecklingen är tänkt att fortsätta i den tredje etappen där fler ämnesövergripande projekt planeras. Vidare är tanken att använda SWPTC som plattform mot internationella samarbete i en större utsträckning.

Inom SWPTC är tyngdpunkten på verksamheten kunskap för teknikutveckling och effektiv drift av vindkraftverk då detta är mycket viktigt för en kostnadseffektiv elproduktion som måste anpassas efter de naturliga förutsättningarna som finns i Sverige. Vidare är anpassningen av den elkrafttekniska delen i vindkraftverken till det svenska elsystemet viktig för ett stabilt elnät. En ytterligare viktig egenskap för ett kompetenscentrum är dess kritiska massa och detta gäller speciellt för vindkraftsteknik som innehåller flera tekniska expertområden.

Utöver uppfyllelse av målen är framgångskriterierna för SWPTC:

- att genom sitt stora och breda kontaktnät fungera som centrum för nationella frågeställningar rörande vindkraft, vare sig frågorna kommer från industrin, akademi, enskilda vindkraftsägare eller myndigheter.
- att industriparterna är aktiva i genomförandet av projekt, antingen genom att direkt medverka i projekten eller att sitta med i referensgrupper för projekten där inriktning och fokus bestäms.
- att projekt inom Centrumet omfattar expertis från två eller flera expertområden.

- att forskare inom Centrumet också är verksamma inom internationella forskningsprojekt och intresseorganisationer.
- att Centrumet använder och stärker infrastruktur hos forskningsutförarna.
- att personer verksamma inom SWPTC sitter med styr/arbetsgrupper inom Energimyndighetens strategiska råd för vindkraft, EAW, EERA, IEA Wind och Power Väst.
- att adjungerade personer från industripartner är verksamma inom akademien/SWPTC.
- att personer från akademien är aktiva inom industrin.
- att Centrumet vidmakthåller och vidareutvecklar kompetens inom vindkraftsteknik hos seniora forskare.
- att forskningsresultaten ger direkt affärsmässig nytta för industripartners.
- att forskningen möjliggör ökad leverans för svenska komponent- och tjänsteleverantörer.

2.4 Forsknings-, utvecklings- och teknikområden

Forskningen inom SWPTC inriktar sig först och främst på det enskilda vindkraftverket, då det är av största vikt att först förstå hur dess enskilda delar samverkar för att bli en optimal omvandlare av vindenergi till elektrisk energi. Dagens syn på att en grupp av vindkraftverk är att jämföra med en elproduktionsanläggning visar på vikten av att ha god kunskap om interaktionen mellan vindkraftverk i en vindkraftspark och hur dessa styrs och kopplas samman på bästa sätt för maximal elproduktion och bästa livslängd. Forskningen kommer att fokusera på större vindkraftverk och parker för placering i skogs- fjäll- och havsmiljö.

Projekten inom SWPTC utförs i nära samarbete med industripartners för att underlätta nyttiggörande av forskningsresultaten. Industriernas roll i ett projekt kan innehålla många olika delar, allt ifrån att föreslå och skriva projektansökningar, delta aktivt med beräkningar och analyser av resultat, leverans av mätdata, komponent- och driftsdata, beskrivning av upplägg för servicekontrakt, till att sitta i en doktorands referensgrupp. Detta gör SWPTC unikt med denna täta industrisamverkan inom vindkraft.

SWPTC har identifierat ett antal forskningsområden som är viktiga för vindkraftens forskningsutveckling. Projekten i etapp 3 kommer att behandla dessa, utgående från programrådets rekommendationer. Forskningsområdena är Bärande struktur, Elektrisk drivlina och likströmsnät, Livslängd och underhåll, Avisning och isdetektion, Skog/komplex terräng och reglering samt Nättjänster från vindkraftverk.

För att utveckla forskningsområdena samt lösa olika problem inom dessa krävs djupkunskaper inom olika expertområden. I nästa kapitel beskrivs de olika expertområdena som är grunden inom vindkraftsteknik. Dessa är Elkraftteknik, Strömningslära, Reglerteknik, Dynamik, Konstruktionsteknik, Materialteknik och Numerisk analys & Optimering. Ännu viktigare är att ett vindkraftverk är en väl

sammansvetsad teknisk konstruktion som kräver att experterna samverkar och har god förståelse för hela vindkraftverket för att erhålla en optimal drift och kostnadseffektiv elproduktion.

Forsknings- område	Expertområde						
	Elkraft- teknik	Strömnings- lära	Regler- teknik	Dynamik	Konstruktions- teknik	Material- teknik	Numerisk analys & Optimering
Bärande struktur				X	X	X	
Elektrisk drivlina och likströmsnät	X					X	
Livslängd och underhåll	X	X	X	X	X		X
Avisning och isdetektion				X		X	X
Skog/komplex terräng och reglering		X	X	X			
Nätjänster från vindkraftverk	X		X	X			

Tabell 1 Förhållandet mellan expertområde och forskningsområde.

Erfarenheterna från etapp 2 av SWPTC visar på att större projekt med flera expertområden inkopplade och nära industrisamverkan leder till unika resultat i form av förståelse för hur komplex terräng påverkar lasterna i den mekaniska drivlinan och hur ett kortvarigt fel i elnätet leder till påkänningar i växellådan. Detta är ett exempel på att det är ett måste med bred kritisk massa för att kunna förstå och lösa tekniska utmaningar inom vindkraftstekniken.

Möjliga forskningsämnen som SWPTC vill kunna arbeta med under etapp 3 beskrivs under sina respektive forskningsområden, men behöver kunskap från de olika expertområdena för att lösa uppgiften. I Tabell 1 visas förhållandet mellan expertområden och forskningsområden.

2.4.1 Bärande struktur

Den bärande strukturen är den strukturella enheten som bär laster, främst från vind och egenvikt, till grunden. Olika mark, hav och bottenförhållanden ger olika förutsättningar för den bärande strukturens utformning. De skiftande förutsättningarna begränsar men ger också möjligheter för nytänkande. Skillnader i förutsättningar är störst till havs och den potentiella utbyggnaden av vindkraft till havs i Sverige är främst Östersjön med speciella utmaningar – hårda bottenförhållanden, is, relativt grunt, närhet till flera stater – men också Västkusten där djupare förhållanden och högre salthalt råder. För landbaserad storskalig utbyggnad anses fjällmiljö ha störst potential. Detta medför en otillgänglighet på ett

annat sätt än till havs, såsom långa tunga och stora transporter och naturvärden vilket ger utmaningar kopplade till en effektiv och kvalitativ projektering och produktion av den bärande strukturen. Erfarenheter visar att de stora avstånden ger utmaningar som påverkar fundamentens livslängd och möjlig återanvändning kopplat till kvalitativ projektering och produktion.

Den bärande strukturens syfte är att bära upp turbinen till önskvärd höjd och utgörs traditionellt av tre delar: fundament, tornförankringsring och torn men även grundläggningen för fundamentet bör inkluderas. Alla dessa delar påverkar den globala styvheten för vindkraftverket och dess dämpning av vibrationer. Den globala styvheten är viktig för att effektuttaget är och förblir det avsedda under verkets hela livslängd. I dagens projekteringsförfarande används inte den globala responsen för att dimensionera strukturen. Varje del ses som en isolerad enhet vilket skapar en ineffektiv struktur. Den globala styvheten påverkas även av materialens degradering över tid.

Laster, grund och bottenförhållanden utgör ränderna till den bärande strukturen och är utgångspunkten för projekteringen av fundamentet. Laster utgörs till största del av vind och egenvikt från turbin, torn och fundament. Till havs kan vågor, strömmar, is och erosion i samklang med vind och egenvikt skapa förutsättningar som utsätter den bärande strukturen för påfrestningar som är annorlunda än de på land. För både land- och havsbaserat är interaktionen mellan grundläggning och laster en viktig faktor för effektuttaget från verket. Förutsättningarna för verkets grundläggning varierar stort då vindkraftsparkerna ofta täcker en stor areal både till havs och land. På land är bergsförankrade och gravitationsfundament de vanligaste förekommande men även pålade fundament förekommer, medans det till havs hitintills använts bottenfasta gravitationsfundament i Sverige. Det finns idag igen branschgemensam syn på dimensioneringen av dessa fundament och en stor osäkerhet råder om hur de gällande byggnormerna ska användas för denna typ av struktur.

Möjliga forskningsämnen

- ”Repowering” där den bärande strukturen återanvänds för att installera nya moderna turbiner. Fundament- och tornsåldring, kopplat till livslängd, kostnadsoptimera innan de byggs, ”hälsokontroll” under tiden, både på land och till havs.
- Undersöka hur fundament påverkas av växelverkan mellan botten och fundament.
- CFD-modellering av ett havsbaserat vindkraftverk för att mer noggrant uppskatta lasterna (extrema eller utmattningsbelastningar).
- Utveckla bärande struktur som är anpassad för svenska förhållande, där Östersjön används som referens avseende laster, geoteknisk och strukturella förhållanden, samt hänsynstagande installationsmetoder.

- Framtagandet av bättre dimensioneringsmetoder, innovativa material (till exempel trä) och produktionsförfarande skulle göra det möjligt att skapa konkurrenskraftiga lösningar både för fundament och torn.
- Utveckla metoder för övervakning av den bärande strukturen och materialdegradering är viktigt för att förstå strukturens nedbrytning över tid.

2.4.2 Elektriska drivlinan och likströmsnät

Den elektriska drivlinan består av vindkraftverkets generator och frekvensomriktare. Generatoren är kopplad till den mekaniska drivlinan och omvandlar rörelseenergi till elektrisk energi. Frekvensomriktaren är inkopplad mellan generatoren och transformatorn. Transformatorn höjer spänningen för att sedan leverera effekten vidare ut på uppsamlingsnätet. Möjligheten till att förbättra den elektriska drivlinan finns fortfarande i form av bättre materialutnyttjande, användning av nya komponenter och nya topologier i frekvensomriktare och en driftsäkrare konstruktion. Till exempel under etapp 2 av SWPTC visades på nya metoder för att upptäcka isolationsfel i generatorer innan de har utvecklats till brand i generatoren. Nya nättjänster ställer också nya krav på den elektriska drivlinan. Vidare visar pågående forskning och nyligen lanserade vindkraftverk på att effekten fortfarande blir att större för ett enskilt vindkraftverk.

Dagens elanslutning av enskilda vindkraftverk och uppsamlingsnät för vindkraftsparker är traditionella elnät med transformatorer, kablar och ställverk. Studier om framtidens uppsamlingsnät för vindkraftsparker med en stor del likström, DC, har visat på reduktion av förluster och besparing av material i transformatorer men då med ökad komplexitet i form av ökat antal kraftelektronikkomponenter i DC/DC-omriktare. Ett DC-nät har också speciella krav vid felfall, då en likström är mycket svår att bryta med mekaniska brytare. Tidigare forskning inom SWPTC har visat på betydelsen av att ha en hög systemkunskap för att samordna regleringen av frekvensomriktarna i ett enskilt vindkraftverk med regleringen i HVDC-utrustningen som ansluter en vindpark till elnätet.

Moderna vindkraftsparker och framtidens vindkraftsparker har samma krav på styrbarhet som ett traditionellt kraftverk med vatten eller kol som energileverantör. Detta gäller stöd i form av extra reaktiv effekt och förmåga att fortsätta att leverera aktiv effekt vid mindre nätstörningar.

Den slutgiltiga konstruktionen i ett vindkraftverk och dess uppsamlingsnät skall ha en låg kostnad, lågt behov av underhåll, vara driftsäker i vindkraftverkets svåra miljö, ha ett effektivt materialutnyttjande och bestå av komponenter som kan återvinnas på ett bra sätt. Detta ställer krav på att flera kompetenser samverkar för att vidareutveckla nästa generations elsystem till vindkraftverk.

Möjliga forskningsämnen

- Optimal konstruktion av generatoren för högre effekter, 25 MW, och högre spänning, 25 kV.

- Optimal konstruktion av den elektriska drivlinan i ett vindkraftverk då vindkraftverket deltar i den dagliga frekvensregleringen och spänningsregleringen av elnätet, både i normaldrift och vid felfall i elnätet. Alternativt läggs funktion för felfall i elnätet på vindparksnivå genom en central omriktare eventuellt med ett mindre batterilager.
- Optimal konstruktion av uppsamlingsnät i vindkraftsparker med avseende på frekvensomriktare och dess kraftkomponenter samt transformatorer där transporten av elenergi sker i ett DC-nät. Inom detta område finns det många olika sätt att optimera systemet, högre spänningar kan byggas upp genom seriekoppling av omriktare, dubbla lindningar i en generator som sedan seriekopplas via omriktare, genom traditionella transformatorer eller högfrekvenstransformatorer omgivna av kraftelektroniska omriktare, DC/DC-omriktare. Genom att introducera flerportsomriktare (multiport converters) underlättas möjligheterna till att styra strömmarna i ett uppsamlingsnät och dess anslutning till stamnätet. Vidare kan switchfrekvenser höjas eller flernivåomriktare används för att erhålla mindre övertonsinnehåll i strömmarna. Omriktarna kan också konfigureras på många olika sätt och med olika huvudkomponenter, i form av dioder och IGBT:er.

2.4.3 Livslängd och underhåll

Grundläggande för en ekonomiskt fördelaktig drift är att undvika skador och haverier i kritiska komponenter hos turbinen, då reparationer (efter garantitiden) och utebliven produktion inte bara är kostsamma i sig själva, utan också är svåra att prediktera och därmed riskvärdera. Speciellt har haverier i växellåda och lager varit kostsamma och tidsödande (långvarigt produktionsbortfall) att reparera.

Centralt är att så bra som möjligt bestämma samband mellan turbinens driftsförhållanden och det slitage/den utmattning som turbinens komponenter utsätts för. För detta krävs bra modeller för vindförhållanden, turbin och drivlina, som kan prediktera vilka laster som uppträder i till exempel växellådan, men också metoder för att uppskatta livslängden hos enskilda komponenter. Av speciellt intresse är att utreda hur olika typer av störningarna påverkar komponenternas livslängd under givna drifts- och miljöförhållanden. Det kan vara snedställningar av drivlinan vid montering, läckströmmar som påverkar livslängd i lager, eller uteblivet eller undermåligt underhåll.

Med tillgång till bättre metoder för att kvantifiera driftsförhållanden med eller utan störningar ges bättre möjligheter att prediktera skador och haverier, samt möjligheter – genom ändrad styrning av turbinen eller preventivt underhåll – att minska risken för särskilt kostsamma haverier.

Med åldrande blad har behovet av att utveckla, standardisera och kvalitetssäkra lagningsmetoder av blad ökat markant. Den framtagna kunskapen behöver sedan tillgängliggöras mot svenska entreprenadbolag.

Möjliga forskningsämnen

- Utveckling av metoder för beräkning av kvarvarande livslängd för drivlinekomponenter, utgående från driftsdata, i samverkan med konstruktionsdata. Detta är speciellt värdefullt när turbiner resta i början av 2000-talet nu börjar närma sig sin nominella livslängd på 20 år.
- Identifiera och utvärdera vad som kan ses som optimal drift, sett till en samtidig hög produktivitet och hög tillförlitlighet. Dessa båda dimensioner har sällan samverkat tidigare, men de hänger intimt samman och sambanden behöver belysas.
- Utvärdering, utveckling och tillämpning av metoder för att bestämma samband mellan belastning och slitage på komponentnivå (lager, kugg mm.). Vad är en bra metod för accelererad provning?
- Utveckling och tillämpning av metoder för att kalibrera drivlinemodeller gentemot driftsdata för att bättre kunna prediktera laster på kritiska punkter i drivlinan (lager, kuggkontakter, m.m.).
- Tillämpa analysmetoder för att koppla samman vindbelastningsparametrar (turbulens, medelvindar, m.m.) mot skadliga driftsförhållanden, för att bättre kunna värdera en vindresurs/site inte bara ur produktionshänseende, utan även ur driftskostnadsdito (ökad eller minskad risk för förtida haverier).
- Utvärdera såväl existerande och nya koncept för tillståndsovervakningssystem för identifiering av skadliga driftsförhållanden (exempelvis vibrationssignaler, snedställningar eller läckströmmar).
- Vad är en optimal strategi för att genomföra reparationer/utbyten? Hur kan underhållet planeras så att produktionsbortfallet kan bli litet, samtidigt som drivlinekomponenterna utnyttjas till fullo? Vilket/vilka mål ska vara drivande för underhållsstrategin?
- Utveckla, standardisera och kvalitetssäkra lagningsmetoder av blad samt tillgängliggöra kunskapen.

2.4.4 Avisning och isdetektion

Vindkraftverk verksamma i kallt klimat utsätts för såväl låga temperaturer som snöiga och isiga förhållanden. System för att både detektera och avlägsna snö och is på bladen är centrala för att leverera planerad elproduktion. En viktig faktor i detta sammanhang är att ta hänsyn till underhålls- och reparationsaspekterna eftersom tillgängligheten till verken under vinterperioden kan vara högst begränsad då vägar etc. i många fall inte är farbara. Forskningsområdet Avisning och isdetektion ska fokusera på att både utveckla nya lösningar och upprätthålla befintliga och installerade system. Huvudområden inom etapp 3 ligger inom isdetektering och avisningssystem.

Idag talas det mycket om nedisning av vindkraftverk, men nya bilder av vindkraftverk i kalla förhållanden visar att problemen oftare är snö- eller frostpåbyggnad på bladen. Denna kunskap gör att andra strategier bör användas vid smältning av det uppbyggda materialet, framför allt då forskning indikerar att om

det finns ett tunt skikt av frost på vingen kommer nederbörd, vatten eller snö, att snabbare ackumuleras på vingen.

Därför är is-/frostdetektering viktig för att kunna optimera produktionen och minska påverkan av is och snö på bladen. Idag är det många vindkraftverk som använder produktionsdata för att detektera is- och snöpåbyggnad. Dock är det ett problem när vindhastigheten är låg och därför behövs utveckling av kompletterande metoder. En metod som behöver utvecklas är att med hjälp av bildanalys och produktionsdata detektera is-/frostbildning. Modellen skulle även koppla påbyggnad av fruset material till väderutfall för att skapa bättre prognosmodeller. Bilderna innebär också en möjlighet att verifiera prognoser, avisning och ispåbyggnad. En annan teknik som också är intressant är att utnyttja optiska fibrer för detektering av is-/frostbeläggning på vindkraftverk. Detta är inte testat men det fysikaliska förutsättningarna har visats i andra applikationer.

Väl fungerande avisningssystem på bladen är en förutsättning för att upprätthålla planerad och utlovad elproduktion. Det finns varianter på hur detta kan utföras, vanligast är med varmluft eller med ett tunt kolfiberskikt. De kan i vissa fall agera i förebyggande syfte, d.v.s. slås på i ett tidigt stadium för att förhindra isuppbbyggnad, s.k. antiicing. Av erfarenhet vet man idag att vissa kolfiberbaserade avisningssystemen, åtminstone för de tidigt installerade systemen, finns underhålls- och reparationsbehov. För dessa system måste robusta och snabba detekterings- och reparationsmetoder utvecklas. Detekteringsmetoder i detta sammanhang avser utrustning kopplad till avisningssystemet som känner av om systemet exempelvis får kabelbrott som kan leda till större bladhaverier.

Ett annat viktigt område är utveckling av ytbeläggningar för vindkraftverksblad. Målsättningen är att beläggning ska kunna appliceras via sprayning och därmed avsevärt minska kostnaderna för applicering. Ytbeläggningen gör så att is/frost inte ska byggas upp på vingen vilket då minskar reparationsbehoven av bladytan på grund av erosion, jämfört med andra konkurrerande tekniska lösningar. Denna metod skulle kunna utvecklas och kopplas samman med tidigare projekt som fokuserat på isdetektion med hjälp av NIR-ljus för att säkerställa att beläggningen ger de önskade egenskaperna för is och vatten, som då detekteras med utvecklad metod.

Möjliga forskningsämnen

- Validera tidigare utvecklade modeller för att detektera is/snö på blad till storlek och position på vindkraftverk. Modellerna har tidigare validerats mot stillastående blad.
- Isdetektering med hjälp av bildanalys och produktionsdata för att kunna optimera produktionen och minska påverkan av is och snö på bladen. Modellen skulle även koppla nedisning till väderutfall för att skapa bättre prognosmodeller. Bilderna innebär också en möjlighet att verifiera både prognoser, avisning och ispåbyggnad.

- Utveckla ytbeläggningar för vindkraftverksblad. Målsättningen är att beläggningen ska kunna appliceras via sprayning och därmed minska kostnaderna för applicering och reparation avsevärt jämfört med andra konkurrerande tekniska lösningar. Denna metod skulle kunna utvecklas och kopplas samman med tidigare projekt som fokuserat på isdetektion med hjälp av NIR-ljus för att säkerställa att beläggningen ger de önskade egenskaperna för is och vatten, som då detekteras med utvecklad metod.

2.4.5 Skog/Komplex terräng och reglering

Tornhöjden ökar alltmer i projektering och byggnation av vindkraftsparker. Därför är det viktigt att belysa lasterna på en turbin i komplex terräng med hänsyn tagen till atmosfäriska förhållanden på höjder mellan 100-300 m. När tornhöjden ökar minskar turbulensen och vindskjuvningen minskar. Detta leder till ökad energiproduktion och minskade utmattningslaster. Tornets egenskaper ändras dock eftersom dess svängningsmoder sänks. Är vinsterna på grund av ökad energiproduktion och minskade utmattningslaster tillräckliga för att motivera kostnaden för högre torn?

Regleringen av vindkraftverket är speciellt viktigt i komplex terräng (skog, kuperat), där turbulensen är svår att uppskatta i för tid och där standardregleringen av verken kanske inte fungerar optimalt då den är utformad för de standardmässiga vindförhållandena (klass I-III). Till exempel finns det vindkraftsparker i Sverige där ett onormalt antal av växellådor går sönder i några vindkraftsparker. Den mest troliga anledningen till haverierna är att vind- och terrängförhållanden är ovanliga på dessa platser. I dessa sammanhang borde regleringen av vindkraftverken anpassas efter de förhållanden som råder på parkerna, så att bästa prestanda uppnås utan att riskera skador på verken. Här kan tekniker från maskininlärning användas för att ta beslut för att anpassa regleringen av verket. En noggrann övervakning av lasterna i kritiska komponenter i verket (torn, blad, drivlina) och användningen av pitchsystemet behöver göras och sedan jämföra mätningarna med de förväntade värdena. Statistiska skillnader mellan mätningar och förväntade värden utlöser ändringar i regleringen. Det finns verktyg för att mäta laster och för att ändra regleringen, frågan är bara hur anpassningen ska göras för olika miljöer.

Vid projektering av nya vindkraftsparker övervägs det att placera verken tätare än tidigare. Konsekvenserna av detta behöver studeras. Hur blir vakarna och utmattningslasterna när avståndet mellan verken i skogsmiljö minskas? I flack terräng måste avståndet mellan verken vara relativt stort eftersom strömningsvaken från det främre verket ger ogynnsamma strömningsförhållande för det bakre verket i form av hög turbulens och ojämn hastighetsfördelning. I skogsmiljö kan vakeffekten eventuellt minska därför att skogen skapar småskalig turbulens vilken kan jämna ut den ojämna hastighetsprofilen i vaken.

I tidigare studier har det antagits att skogen kring vindkraftverk är homogen, vilket givetvis inte är fallet. Därför behöver modeller av vindkraftverk i heterogena skogsregioner tas fram. Den heterogena skogen skapar komplex, turbulent strömning vilket leder till ökat slitage av turbinens komponenter. Den heterogena skogen kan antingen vara naturlig eller vara skapad (skogsavverkning). För

närvarande pågår ett SWPTC/VindEl-projekt där inverkan av gläntor studeras. De preliminära resultaten visar att en avverkning framför ett vindkraftverk ökar energiproduktionen med 3-4 procent men utmattningslasterna ökar i motsvarande grad. I detta projekt tas inte hänsyn till topografin. I nästa SWTPC-etapp kommer effekten av heterogen skog att studeras i allmänhet och även ta med effekten av topografin. Till exempel ökas energiproduktionen för vindkraftverk placerade på höjder men utmattningslasterna ökar också. Hur balanseras den önskvärda energiproduktionen och de oönskade lasterna?

Möjliga forskningsämnen

- Undersöka konsekvenserna av att vindkraftverk placeras tätare i vindkraftsparker än tidigare. Hur blir vakarna och utmattningslasterna när det bara är tre rotordiametrar mellan verken i skogsmiljö?
- Självlärande reglersystem som anpassar sig efter förhållandena som råder för den aktuella parken.
- Integrera terräng och skogens densitet i modeller för turbulens för vindkraft i skog.

2.4.6 Nätjänster från vindkraftverk

Morgondagens elsystem i Sverige och Europa kommer att ha en stor andel vindkraft, för Sveriges del planeras 40 % av elenergin produceras med vindkraft. Detta medför stora utmaningar och en ny syn på hur vindkraftverk kan bidra till nätjänster i det nordiska elsystemet. Vindkraften kan enbart leverera energi när det blåser tillräckligt mycket, visserligen är vindkraften utspridd över norra Europa och det blåser alltid någonstans och elenergin kan förflyttas snabbt i elnätet. Moderna vindkraftverk är alltid försedda med frekvensomriktare vilket innebär att den levererade effekten är konstant oberoende om det sker en frekvensändring i elsystemet. Detta är att jämföra med dagens direktkopplad synkrongenerator i vatten- och kärnkraftverk som producerar mer effekt i de ögonblick som frekvensen sjunker i elnätet på grund av sin roterande tröghetsmassa. Givetvis kan vindkraftverk också leverera mer effekt då frekvensen sjunker, men det måste ske genom att styrdatorn ger order om detta. Ett vindkraftverk eller en vindpark kan också hjälpa till att hålla spänningen på elnätet genom att styra den reaktiva effekten som produceras i vindkraftverket. Dessutom är en vanlig driftssituation i ett vindkraftverk att det levererar drygt hälften av sin märkeffekt och dess varvtal på turbinen är maximalt. Detta är typiskt för ca 8 m/s som är en vanlig vindhastighet vid kraftverkets maskinhus. Detta innebär vidare att kraftverket har sin maximala rotationsenergi men ej maximal effekt och därmed är kraftverket som mest lämpligt att öka sin effektproduktion under en kort tid och hjälpa till med elsystemets frekvensreglering.

Extremt stora störningar i elnätet kan resultera i att hela Norden blir utan el. I dagens system startas elsystemet på nytt genom att några speciella vattenkraftverk körs igång då dessa har ett mindre reservkraftaggregat för uppstart. Specialutrustade vindkraftverk kan också ha denna funktion.

Möjliga forskningsämnen

- Då vindkraftverken i framtiden kommer att behöva leverera nättjänster såsom frekvens- och spänningsreglering innebär det nya driftsförhållanden för kraftverket, detta har återverkan på bladvridningssystemet och den elektriska drivlinan. En viktig fråga är omfattningen av behovet av dessa tjänster ur elsystemets synvinkel samt hur det påverkas livslängden på vindkraftverket och dess energiproduktion.
- Realtidsuppskattning av den samlade tröghetsmassan i Sveriges vindkraftverk och vilken effekt de kortvarigt kan bidra i varje ögonblick med är en viktig kunskap för drift av elsystemet och drift av vindkraftverken. Detta är en baskunskap för att kunna värdesätta denna tjänst.
- Undersöka hur vindkraftverk med möjlighet att kortvarigt öka sitt effektuttag genom att sänka varvtalet, eller under en längre tid genom att i förtid spilla vind i kombination med batterier eller andra energilager kan samverka för att stötta elnätet vid lastvariationer eller leverera en förutsägbar effekt till elnätet under av ett tidsförlopp av 12-24 timmar.
- Undersöka hur vindkraftverk tillsammans med mindre energilager kan användas som startverk efter stora elnätsstörningar.
- Undersöka möjlighet att starta upp och köra ödrift med vindkraftverk för att minska sårbarheten i det svenska elsystemet. Det kan vara ett mindre samhälle eller större stad som kan få sin elförsörjning i en krissituation.

2.5 Expertområden

2.5.1 Expertområde Elkraftteknik

Ett av de största teknikstegen inom vindkraften var då variabel varvtalsdrift infördes med hjälp av kraftelektroniska frekvensomriktare. Möjligheten att på ett exakt sätt styra det bromsande momentet från vindturbinen har inneburit betydande materialbesparingar på den mekaniska sidan. Frekvensomriktarna ger också möjlighet att mycket snabbt ändra det bromsande momentet och därmed den utmatade aktiva effekten till elnätet. Vidare kan omriktarna också styra den reaktiva effekten till elnätet, denna möjlighet används i mycket ringa omfattning idag.

Möjligheten till att snabbt styra uteffekten kan användas för att bidra till elsystemets frekvenshållning och den reaktiva effekten till spänningen på elnätet. Dessa egenskaper kan dock medföra att omriktaren behöver överdimensioneras och vindkraftverkets mekaniska delar slits extra om styrningen inte utförs på bästa sätt.

För att frekvensomriktarna skall kunna styra generatorernas frekvens som ger variabelt varvtal finns ett likspänningsled som skiljer generatorns och elnätets frekvens från varandra. Detta likspänningsled med likström och likspänning finns idag endast inne i frekvensomriktarens elskåp. Flera studier har visat på att en utökning av detta likspänningsled till att omfatta hela vindkraftsparkens uppsamlingsnät skulle innebära minskade elektriska förluster och minskad materialåtgång i DC/DC omriktare.

2.5.2 Expertområde Strömningslära

Noggrann uppskattning av krafterna på rotorbladen är avgörande för hur noggrant elproduktionen hos ett vindkraftverk kan beräknas. Ägare av vindkraftverk vill naturligtvis maximera elproduktionen och placera vindkraftverken där det blåser mycket. För att minska påverkan för närboende till vindkraftsparker har många vindkraftsparker byggts i skogsområden, till havs och i områden med kallt klimat. Detta ställer ökade krav på hög kompetens inom strömningslära.

Skogen skapar ökad turbulens och luftmotstånd. När turbulent vind kring ett vindkraftverk i skog beräknas samt resulterande elproduktion och utmattningslaster antas oftast att skogen står på platt mark. Detta är naturligtvis oftast inte korrekt utan därför bör även effekten av topologin att tas med.

Vindkraftverk till havs ställer särskilda krav. Vindkraftverket står på havsbotten på ett fundament eller på en flytande plattform. Då är det förutom lasterna på rotorbladen även våglasterna och lasterna från strömmande vatten att ta hänsyn till. Hur dessa påverkar fundamentet/plattformen kan beräknas. På Chalmers och i SWPTC finns stor kunskap om betongfundament och det finns även stor erfarenhet av mer avancerade modeller för våglaster.

För vindkraftverk i kallt klimat uppstår ofta nedisningsproblem. Dessa problem beror på lokala väderförhållanden och det är viktigt att kunna förutse hur mycket is som fastnar på rotorbladen och hur strömningen påverkas (till exempel hur mycket lyftkraften påverkas och därmed elproduktion och utmattningslaster). Dessa fenomen är viktiga att studera. Det är av stor vikt att beräkningarna valideras mot mätningar som är tänkta att utföras vid Testcentrumet för kallt klimat

2.5.3 Expertområde Reglerteknik

Reglering av vindkraftverk har varit ett hett ämne inom forskningen under de senaste 10 åren för att lösa problemen med reglering av stora multimegawattsturbiner. Fokus har varit på hur utmattningslaster kan minskas, integration av vindkraftverk i ett elsystem som ställer allt högre krav på vindkraftverken samt reglering av verk som står i en vindkraftspark.

Ett antal lösningar inom avancerad reglerteknik för vindkraftverk har föreslagits av tidigare forskning men fortfarande är nivån på regleringen hos vindkraftsindustrin inte tillräckligt hög. Vindkraftstillverkarna rapporterar fortfarande om komplexiteten i att utforma reglering för stora vindkraftverk. Detta blir speciellt svårt när verken placeras på platser med is och hårda vindförhållanden.

Den senaste utvecklingen inom reglerteknik för vindkraft är att använda tekniker som realtidsoptimering och maskininlärning för att lösa de kvarvarande problemen inom reglering av stora vindkraftverk. Forskningsmålet som driver den här utvecklingen är att kunna föreslå avancerade reglertekniker för vindkraftsindustrin, som samtidigt som de konceptuellt är komplexa också är ganska lätta att implementera och anpassa.

2.5.4 Expertområde Dynamik

Dynamik handlar om sambandet mellan kraftpåverkan och rörelse, och med de tillhörande metoder för att analysera mekaniska system. Detta samband kan användas åt båda håll: Å ena sidan kan metoder för att analysera vindturbiner utvecklas, speciellt de mekaniska delsystemen (blad, nav, mekanisk drivlina, maskinbädd och torn ner till vindkraftverkets fundament) för att på så sätt bestämma krafter och rörelser som ger svar på hur dessa komponenter kan förväntas fungera under lång tid. På detta vis kan olika designval utvärderas tidigt i processen, långt innan verket byggs. Men sambandet mellan krafter och rörelser kan också användas åt andra hållet: Genom att utveckla metoder som mäter och övervakar rörelser kan krafter inuti komponenter indirekt bestämmas, för att på så sätt kunna övervaka mekaniska delsystem i realtid. Exempel på detta är att detektera isbeläggning på blad eller upptäcka lagerskador på tidigt stadium innan dessa leder till större och mer kostsamma haverier.

2.5.5 Expertområde Konstruktionsteknik

Vindkraftverks bärande struktur omfattar alla strukturella delar från grundläggning till maskinhus. Dessa samverkar för att nå avsedd höjd och balansera verket mot laster. På land utgörs laster av vind och bladrotationen medan till havs omfattar lasterna ett komplext spektrum - i tid och frekvens - av vind, bladrotation, vågor, strömmar och is; samt i vissa fall bottenerosion. Dessa laster ska tas om hand av den bärande strukturen under den livstid som dimensionerats för. Dagens dimensioneringsmetoder, materialval och produktionsförfarande härstammar från byggområdets traditionella tillämpningar: hus och bro. Här finns en stor potential att förbättra och ta fram nya materialkombinationer och metoder som är anpassade för vindkraftsverk på land och till havs. Expertområdet använder analytiska och numeriska metoder i samverkan med experiment på struktur och material.

Kompetens från närliggande områden såsom expertområdena Materialteknik och Dynamik bör samverka med detta expertområde. Starkt kopplat till strukturens livslängd är utveckling av avancerade övervakningsmetoder.

2.5.6 Expertområde Materialteknik

Materialteknik är ett brett kompetensområde som inkluderar råvaror, tillverkning, användning och återvinning. Det gäller därför att ha en bred och ingående förståelse för hela processen för att det ska bli ett bra slutresultat.

Olika material har sina speciella förutsättningar. Stål, aluminium, plaster, kompositer etc. har vitt skilda egenskaper och tillverkningsmetoder vilket ställer krav på material- och processkompetens.

Gjutning av metaller och kompositer har det gemensamma att själva tillverkningen av materialet och produkten sker vid samma tillfälle. Utgående från råvaror erhålls en produkt under tillverkningsprocessen. Simulering av tillverkningsprocessen med hänsyn till ingående materials egenskaper är centrala moment och är normalt helt

skilda mellan de olika materialgrupperna. Som exempel, vid metallgjutning sker en stelningsprocess, vid kompositframställning en kemisk härdningsprocess.

Återvinning och återanvändning av uttjänta komponenter blir allt mer viktigt i ett hållbart samhälle. Inom området materialteknik söks efter vilka möjligheter det finns att ta tillvara olika material för användning i nya konstellationer.

Vindkraftverk innehåller en hel mängd olika konstruktioner och delar vars ingående material är valt med hänsyn till dess egenskaper och funktion. Vid utveckling eller användning av nya material är kompetens inom materialteknik en central del i att utnyttja hållbara, ekonomiska, robusta och återvinningsbara materiallösningar.

2.5.7 Expertområde Numerisk analys och optimering

Matematisk statistik och numerisk analys är starkt kopplade teknikgrenar inom matematiken som användas för att prediktera tillstånd framåt i tiden, givet att det tillstånd som studeras har någon tämligen väl känd degraderingsprocess, såsom spricktillväxt i en metall som utsätts för vibrationer, uttjörning eller böjning (exempelvis i ett blad hos ett vindkraftverk), eller koncentrationen av ett icke önskvärt medium (såsom i fallet med metallflagor i ett lagers smörjolja). Predikteringen är typiskt baserad på rikligt med historiska data (då den finns) och på mätningar av ett eller flera tillstånd hos de kritiska komponenterna som korrelerar starkt med sönderfallet/sönderfallen. Den numeriska analysen är särskilt användbar för att tillsammans med andra teknikgrenar inom matematiken (se nedan) avgöra hur lång tid som kan avvaktas innan en åtgärd behövs, och vilken eller vilka åtgärder som då är både nödvändiga och ändamålsenliga.

Teknikgrenarna ovan ger indikationer om hur lång tid som kan tillåtas att vänta med var och en av åtgärderna. I bakgrunden finns typiskt ett kontrakt mellan en ägare och ett underhållsföretag, som stipulerar när och vilka åtgärder som måste vidtas under de förhållanden som råder. Matematiken inom optimeringsläran tar hänsyn till predikteringarna för de kritiska komponenternas tillstånd, tillsammans med andra kända förhållanden, såsom väderförhållanden, elpris, och servicekontrakt, för att rekommendera en ideal tidpunkt, eller ännu hellre ett bästa tidsintervall, för utförandet av underhåll. Optimeringsmodeller för underhåll kan även ta i beaktande att en eller flera komponenter som ännu inte har nått vägs ände bör bytas i förväg – opportunistiskt underhåll, som det kallas – om det är ekonomiskt fördelaktigt. Detta gäller typiskt fallet då vindkraftverket är otillgängligt, eller kräver särskilt dyr utrustning eller expertis.

2.5.8 Infrastruktur

Att ha tillgång till vindkraftverk är av stor betydelse för ett kompetenscentrum inom vindkraftsteknik, det ger en betydligt större trovärdighet för forskningsresultaten när de kommer från vindkraftsdrift. För delsystem och komponenter kan provning i laboratoriemiljö vara väl så bra. Centrumets forskare och partners har tillgång till Chalmers vindkraftverk. Det är ett mindre verk, men utrustat som ett normalstort verk med extra givare i blad, maskinhus, fundament och torn. Vidare kan forskarna

styra och mäta fritt på Chalmers verk. Under 2019 kommer vindkraftverket att utrustas med ett nytt prototyporn i trä, vilket kan användas för forskningsändamål.

Kallt klimat är ett allt viktigare område, Centrumet har varit involverat i skapandet av en teststation i kallt klimat, där RISE är ägare av projektet. Teststationen kommer att ta över delar av den befintliga vindkraftsparken Uljabuouda. Parken består idag av 10 WinWind-vindkraftsverk. Redan nu finns möjlighet att föreslå projekt som använder existerande verk i samråd med RISE och Skellefteå Kraft.

En dynamisk simuleringsmodell av ett helt vindkraftverk har tagits fram i etapp 2 av SWPTC. Modellen är byggd i FAST och är baserad på NREL:s 5 MW exempelturbin men modifierad till att efterlikna en Vestas V90. Modellen står till förfogande att fortsätta att använda i kommande forskningsprojekt.

Vidare är det av största vikt att forskningsprojekten har tillgång till drifts- och servicedata från vindkraftverk. Det är brukligt inom SWPTC:s projekt att industripartners ställer denna typ av data till förfogande.

För laboratorieförsök finns en kraftfull miljö att tillgå hos SWPTC:s akademiska partners. För att nämna några:

- RISE: Kalibrering av krafter och moment, materialprovning, klimatkammare modell större och brandlaboratorium.
- Swerea: Test- och demonstrationsanläggningar för tillverkning och verifiering av material, konstruktioner och processer.
- LTU: Tillgång till klimatkammare. LTU håller även på att ta fram en ny uppdaterad klimatkammare där mer avancerade försök i kallt klimat kan genomföras, såsom underkyllt regn och frostuppbyggnad.
- Chalmers: Maskinbädd för vibrationer vid rotation, elkrafttekniskt laboratorium och strömningslaboratorium med vindtunnlar.
- LTH: Maskinbädd för snabba förlopp av dynamiska laster på olika mekaniska och elektriska drivlinor. Energilager, omvandlarstationer och styrutrustning för olika konfigurationer av interna elnät/elsystem av vindkraftsanläggningar.

3 Bakgrund

Sverige har en tydlig målsättning att ha 100% förnybar elproduktion till år 2040. År 2030 är planerna att 18 TWh ny förnyelsebar elproduktion skall vara i drift. Den samlade bedömningen är att det behöver byggas vindkraftverk som producerar minst 60 TWh vindkraftsel under de närmaste 20 åren. Detta innebär att minst ett vindkraftverk installeras per arbetsdag under denna tid och en investeringstakt om 10 miljarder kr per år. För att funktionen i Sveriges elsystem skall förbli god med en sådan stor andel vindkraft behövs att vindkraftverkens hela potential i form av teknikutveckling används och att de bästa vindlägena utnyttjas. Vidare är det av stor vikt att vindkraftverken är utspridda geografiskt över hela Sverige, från havet i söder till bergen i norr, för att få största möjliga elsystemnytta samt en så jämn elproduktion som möjligt. De vindkraftverk som körs i Sverige skall vara utvecklade för säker och hållbar drift i kallt klimat, i skogs- eller i havsmiljö.

I forskningspropositionen 2016/17:50 står det: ”För att Sverige ska fortsätta att vara ett framstående forsknings- och innovationsland måste samverkan mellan universitet och högskolor, näringsliv och det övriga samhället stärkas och förnyas i hela landet.” Detta visar på det fortsatta behovet av ett kompetenscentrum inom vindkraftsteknik.

Svenskt VindkraftsTekniskt Centrum har under de gångna sju åren arbetat med forskning och teknikutveckling av vindkraftsteknik. Samarbetet med svenskt näringsliv har varit omfattande och sammanlagt har 26 företag varit involverade i projekten. På den akademiska sidan har förutom Chalmers också Luleå Tekniska Universitet och SWEREA deltagit.



Figur 1 De 26 företag som varit med i SWPTC under etapp 1 och 2

Projektportföljen har varit väl balanserad mellan olika teknikområden och omfattat projekt som behandlar allt från hur turbulens i vinden uppstår i skogsgläntor till hur

en HVDC (High Voltage Direct Current)-anslutning av havsbaserade vindkraftsparker styrs på bästa sätt. SWPTC har under 2010-2017 utvecklat:

- Nya underhållsmetoder
- Förbättrade beräkningsmetoder inom aerodynamik och strukturdynamik
- Testmetod för nätföreskrifter
- Kunskapen om lagertillverkning och lagerströmmar
- Fel-detektering i generatorer
- Förbättrat kunskapen kring avisningssystem och is detektion
- Modeller av drivlinan och krafterna som uppstår, samt
- Visat att vindkraftverk i skog har höga laster

Sju doktorsavhandlingar har presenterats och ytterligare en planeras under hösten 2018. Många publiceringar i tekniska tidskrifter och på konferenser har gjorts under de tidigare etapperna. Centrumets verksamhet har utvärderats av Energimyndigheten med hjälp av internationella experter på området som har bedömt att verksamheten har högt vetenskapligt värde och industripartners har uttalat att samarbetet varit värdefullt och att organisationen fungerat väl.

På EU-nivå är målsättningen att senast 2050 ha minskat växthusgasutsläppen med 80–95 procent jämfört med 1990-års nivåer. För att uppnå detta behövs att all elproduktion i EU blir förnybar. Wind Europe menar att vindkraften kommer att stå för 50 % av EU:s elbehov år 2050. Vårt grannland Danmark har i dag redan 43 % vindel och siktar på 50 % år 2020. Målsättningen med stora mängder vindkraft finns även i flera länder runt om i övriga världen. Mer vindkraft i Sverige och världen kommer att bidra till att uppfylla flera av de 16 globala miljömål som världens länder har enats om och som ska vara uppfyllda till år 2030.

European Academy of Wind Energy (EAWE), IEA Wind and European Energy Research Alliance (EERA) har alla liknade forskningsstrategier som pekar på ett stort behov av ökad kunskap för vindarnas beteende och hur vindkraftverken påverkas av dessa, hur mekaniska system belastas och vidare utveckling av elgenereringen i verket samt vindkraftens samspel med övriga elsystemet. SWPTC har personal som medverkar i dessa sammanhang och kan därmed göra en omvärldsbevakning och ta till sig resultat från Europa och världen.

I etapp 3 kommer SWPTC att arbeta med vindkraftsteknik i svenska förhållande och hur vindkraften integreras i elsystemet, vilket är utpekade områden i Energimyndighetens strategi för vindkraft. Vidare tar strategin upp behovet av kunskaps- och kompetensuppbyggnad vilket SWPTC som ett kompetenscentrum har som fokus. Önskat utfall enligt strategin är en stärkt näringslivsutveckling och konkurrenskraft där fler jobb kan skapas och exporten ökas. Även dessa områden bidrar SWPTC positivt till.

3.1 Forsknings-, utvecklings- och teknikområden som inte omfattas av programmet

Inom SWPTC ligger tyngdpunkten på forskningen inom vindkraftstekniken och dess närliggande elnät. Områden som vindresurs, miljöpåverkan både på djur och människor samt energibalansen i elsystemet ligger inte inom SWPTC:s verksamhet. Avgränsningen är gjord för att erhålla en bred men ändå djup kompetens om vindkraftverket samt att få en kritisk massa inom forskningen.

3.2 Andra anknytande satsningar

Energimyndighetens båda forskningsprogram VindEl och SamspeEl behandlar vindenergi och elnät. SamspeEl omfattar Sveriges elsystem på alla spänningsnivåer samt även elsystemet med stor mängd förnyelsebar elproduktion. VindEl:s prioriterade insatsområden är: Svenska förhållanden, Hållbarhet samt Integration i energisystemet. Till en mindre del behandlas vindkraftverkens tekniska utformning och utveckling. Inom SWPTC är tyngdpunkten på verksamheten kunskap för teknikutveckling och effektiv drift av vindkraftverken.

Inom Sverige dominerar Energimyndigheten stödet till vindenergiforskningen, men vissa speciella projekt kan få stöd av Strategiska forskningsstiftelsen. Vidare satsar EU på vindenergiforskning i betydande omfattning.

4 Genomförande

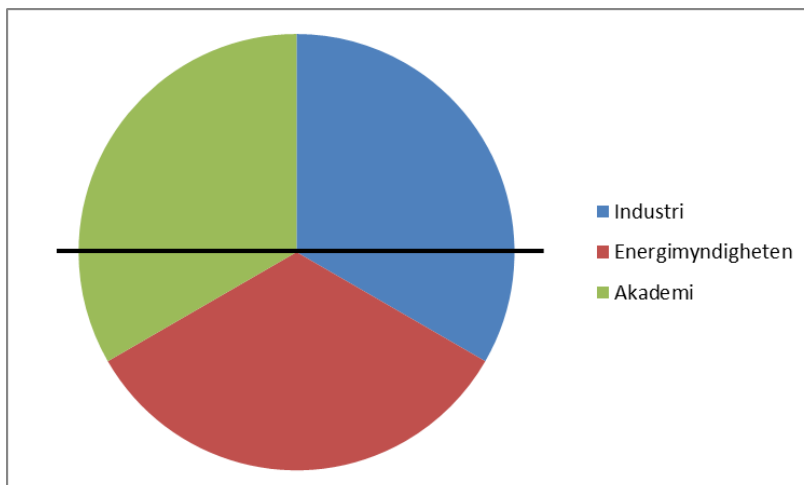
Forskningen inom SWPTC genomförs inom forskningsprojekt som skapas gemensamt mellan forskarna och industrin. Urvalet av forskningsprojekten sker av programrådet. Målsättningen är att skapa ett fåtal större forskningsprojekt där flera expertområden samverkar. Den föreslagna budgeten medger ett fåtal större projekt som inte täcker hela forskningsprogrammets omfattning. Ambitionen från SWPTC:s sida är att skapa ytterligare resurser under programmets varaktighet för ett mer komplett genomförande av forskningsprogrammet.

4.1 Tidplan

Etapp 3 av SWPTC löper under en fyraårsperiod med början 9 januari 2019 och slut 31 december 2022. SWPTC har löpande intagning av projekt med start i januari 2019. Information om hur ansökningar till SWPTC sker kommer att finnas på SWPTC:s hemsida och Energimyndigheten informerar och länkar till detta från sin webbplats. Bedömningar av projektansökningar sker fyra gånger per år i samband med programrådsmöten. Kompetenscentrumet kommer att utvärderas efter tre års verksamhet i etappen.

4.2 Budget och kostnadsplan

Finansieringen av etapp 3 av SWPTC följer den modell som har använts för tidigare etapper av Centrumets verksamhet. Denna modell bygger på att Energimyndigheten står för 1/3, de involverade universiteten och forskningsinstituten för sammanlagt 1/3 och de involverade industriparterna för sammanlagt 1/3 av den totala finansieringen, se Figur 3.



Figur 2 Fördelning mellan kontanta medel och naturabidrag i ett kompetenscentrum. Övre delen motsvarar naturabidrag och nedre delen motsvarar kontanta medel.

4.2.1 Totalt finansiellt åtagande

Energimyndighetens och parternas totala finansiella åtaganden, kontanta medel och naturainsatser för etapp 3, uppgår till 48 MSEK. Dessa fördelas med 12 MSEK på vardera verksamhetsår.

Bidragen från industrin kommer till Centrumet genom företagens medlemskap i Centrumet. En del kan också komma från direkt medverkan i projekt.

4.2.2 Energimyndighetens finansiella åtagande

Energimyndigheten kommer i etapp 3 finansiera verksamheten med 16 MSEK, motsvarande en tredjedel av de totala kostnaderna. Dessa medel fördelas lika över verksamhetsåren med 4 MSEK per år. Energimyndighetens finansiering utgår endast i form av kontanta medel.

4.2.3 Akademiens finansiella åtagande

De akademiska medlemmarna åtar sig att tillsammans finansiera verksamheten i etapp 3 med 16 MSEK, vilket motsvarande en tredjedel av de totala kostnaderna. Chalmers tekniska högskola som är värdinstitution för SWPTC bidrar med huvuddelen av medlen från de akademiska parterna, medan Luleå tekniska universitet (LTU), Swerea, Lunds tekniska högskola (LTH) och Research Institutes of Sweden (RISE) vardera bidrar med en betydande del. Det som avgör den exakta fördelningen mellan de akademiska parterna är fördelningen mellan godkända projekt. Det finansiella åtagandet utgörs av kontanta medel till minst 25 % och naturainsatser till maximalt 75 %.

4.2.4 Industriparternas finansiella åtagande

Industriintressenterna åtar sig att tillsammans finansiera verksamheten i etapp 3 med 16 MSEK, vilket motsvarande en tredjedel av de totala kostnaderna. Industriintressenternas finansiella åtagande utgörs av kontanta medel till minst 25 % och naturainsatser till maximalt 75 %. Intressenterna svarar var och en för sin del av intressenternas sammanlagda finansiering. Det som avgör den exakta fördelningen mellan industriparterna är fördelningen mellan godkända projekt.

4.2.5 Kostnadsplan

Nedan presenteras en kostnadsplan för etapp 3 av SWPTC.

(kkkr)	2019	2020	2021	2022	Totalt
Lönekostnader	7 699	7 699	7 699	7 699	30 798
Laboratoriekostnader	150	150	150	150	600
Utrustning	1 631	1 631	1 631	1 631	6 525
Material	556	556	556	556	2 225
Resor	215	215	215	215	860
Övriga kostnader	42	42	42	42	167
Indirekta kostnader	1 450	1 450	1 450	1 450	5 800
Konsultkostnader	256	256	256	256	1 025
Summa	12 000	12 000	12 000	12 000	48 000

4.3 Samverkans- och Kompetenscentrumsavtal

4.4 Jämställdhet

SWPTC kommer kontinuerligt att arbeta med ökad jämställdhet på alla nivåer, där de ingående parternas egna handlingsplaner är underlag. I verksamheten ska ledningsstrukturer inom SWPTC ta hänsyn till genus och jämställdhet i organisation och arbetsstruktur. Chalmers har stort fokus på mångfald och jämställdhet och kommer att göra en stor satsning inom detta område under 2019. Detta kommer även SWPTC till godo i form av verktyg för att förbättra jämställdheten inom både Centrumet och projekten.

SWPTC arbetar kontinuerligt för att stimulera jämställdhet och verkar för att genusperspektiv ska genomsyra och påverka utformningen av varje forskningsområde. Centrumet ska sörja för en så jämn fördelning som möjligt mellan kvinnliga och manliga forskare i forskningsprojekten. De doktorandtjänster som tillsätts inom ramen för SWPTC bör vara jämt fördelade på kvinnliga och manliga doktorander. I samband med konferenser, evenemang och nätverksaktiviteter initierade av SWPTC har Centrumet som mål att inbjuda talare och debattörer ska reflektera SWPTC:s jämställdhetstänkande och arbeta för att förbättra mångfalden och jämställdheten i vindkraftsektorn.

Vid sammansättningen av programrådet efterfrågas jämställdhet när lärosäten och partners nominerar medlemmar till denna. Målsättningen är att sammansättningen i programrådet inte ska understiga 40% av underrepresenterat kön.

Vid bedömning av projekt inom SWPTC ska jämställdhet och mångfald premieras. Vidare ska projektförslag redovisa om jämställdhet är relevant inom forskningsområdet och hur det i så fall beaktas.

4.5 Programspecifika anvisningar och hantering av ansökningar

SWPTC har löpande antagning av projekt. Hur ansökningen går till kommer att anslås på Centrumets webbsida. Projektförslag från fler akademiska partner och företag än de som medverkar i ansökan till etapp 3 välkomnas.

Programbeskrivningen omfattar fler forskningsområden än vad som programbudgeten kan täcka. Därför kommer de projekt som godkänns att vara ett urval från forskningsområdena. Urvalet görs av programrådet.

Ansökningsprocessen börjar med att en kortare (en sida) PowerPoint-presentation presenteras på ett programrådsmöte. Om programrådet rekommenderar att projektledaren går vidare med projektet kan projektledaren skriva en fullständig projektansökan.

Projektansökan tas sedan upp på nästa programrådsmöte där projektets innehåll och budget presenteras. Projektet bedöms ur nationellt, akademiskt och industriellt perspektiv samt efter hur väl projektet bedöms kunna bidra till att uppfylla Centrumets mål. Varje bedömningskriterium ges ett värde på 1-5, där 1 är olämpligt och 5 mycket lämpligt, av varje programrådsledamot. Ett medelvärde beräknas sedan från alla röster och om värdet är 14 eller över rekommenderar programrådet projektet. Vid bedömning av flera projekt är värdets storlek vägledande för programrådets rekommendation till rektor. Chalmers rektor gör därefter den slutliga bedömningen och bifaller alternativt avslår projektet. Ett projekt ska uppfylla minst ett generellt och minst ett specifikt mål för Centrumet för att kunna rekommenderas. Projektförslaget ska också innehålla en plan för de publikationer som planeras i projektet.

Projekten följs sedan upp kvartalsvis av koordinatör för SWPTC, för att se hur väl de följer tidsplanen samt om något behöver justeras i projektet.

4.6 Programråd

SWPTC har ett programråd med representanter från industri och akademi som är med i projekt inom Centrumet. Dessutom adjungeras föreståndaren och koordinatör för Centrumet samt en representant från Västra Götalandsregionen till programrådet. Representanter från expertområdena kan även adjungeras till programrådet. Som ordförande för Svenskt Vindkraftstekniskt Centrum väljs en person som i normalfallet inte är knuten till någon av parterna i Centrumet.

4.7 Kommunikationsplan och resultatspridning

Information om SWPTC och projekten under etappen kommer att presenteras på Centrumets webbplats.

Varje år sammanställs en årsrapport från SWPTC där resultat från projekten redovisas. Årsrapporten skickas till Energimyndigheten och finns tillgänglig på Centrumets webbplats.

Den akademiska forskning som utförs i projekten kommer att presenteras på konferenser och publiceras i vetenskapliga tidskrifter samt i licentiat- och doktorsavhandlingar.

Forskningsresultat kommer att presenteras på Energimyndighetens årliga vindkraftskonferens.

Vidare sker en naturlig kommunikation och resultatspridning vid projekt- och programrådsmöten inom SWPTC. SWPTC har också årligen en intern konferens där resultaten presenteras för alla aktiva parter i Centrumet.

Föreståndaren och koordinatör för SWPTC deltar i Power Väst som är Västra Götalandsregionens projekt och nätverk för vindkraft. Härigenom sprids kunskap om forskningen till flertalet företag och myndigheter som också deltar i nätverket.

Vidare anordnar Power Väst seminarium och föreläsningar för politiker, myndigheter och allmänheten där personal från SWPTC också medverkar och då berättar om forskningsresultaten.

Projekten ska presenteras i de sammanhang som Energimyndigheten begär. Det ska framgå att Centrumet finansieras av Energimyndigheten i muntlig och skriftlig presentation av SWPTC.

Vid etappens slut ska en slutrapport lämnas till Energimyndigheten.

4.8 Utvärdering

En oberoende utvärdering av forskningscentrumet ska genomföras under hösten 2021 på initiativ av Energimyndigheten. Såväl enskilda projekt som Centrumet ska utvärderas utifrån uppställda mål. Även Centrumets utformning ska utvärderas. Utvärderingen ska sedan utgöra en grund för inriktning och utformning av fortsättningen av forskningscentrumet.

För att öka den internationella kopplingen kommer en International Advisory Board att tillsättas under etapp 3. Avsikten är att denna kommer att medverka på den årliga interna konferensen och då kommentera projekten och inriktningen på Centrumet. Det internationella rådet kommer även att få löpande information om projekten i form av nyhetsbrev.