

Sikker landing med effektiv turbulensmåling

Hvordan afslører man farlige vindforhold i en lufthavn i realtid? Eller finder den optimale placering af fremtidige vindkraftanlæg? I begge tilfælde kræver et godt svar, at man har vindscannere, der på lang afstand præcist kan måle på luftens turbulens.

Af Carsten Broder Hansen

■ Det er den 23. marts 2009. Et fragtfly fra FedEx lægger an til landing i Tokyos Narita Lufthavn. Pludselig og uden varsel opstår et dramatisk skift i vindens retning. Flyets opdrift forsvinder totalt sekundet efter, og det falder som en sten mod landingsbanen inden det eksploderer i en ildkugle. Den 1. marts året efter havner en lille Cessna U206 i et uopretteligt spin, mens det overflyver de berømte Nazca-linjer i Peru. De syv passagerer samt piloten omkommer øjeblikkelig, da flyet rammer jorden. Også her var årsagen pludseligt opståede ændringer i vind- og turbulensforhold nær jordoverfladen.

Når vinden er farlig

Et almindeligt passagerfly påbegynder normalt sin indflyvningsfase i 120 meters højde. Her er flyets hastighed lav og afstanden til landingsbanen formindskes hurtigt, hvorfor



Fly lander afhængigt af vindforhold og de må skifte retning, når vinden ændrer sig markant. Med en vindskanner-lidar placeret for enden af en landingsbane kan kontrollårnet informeres om skift i vindretning og intensitet på indflyvningens sidste fase, og med få sekunders varsel advare piloterne. Til det franske firma Leosphere har Risø-DTU og IPU udviklet et nyt skannerhoved og analyse samt tilhørende kontrol og dataopsamlingssoftware til den kommercielle lidar Windcube 200 udstyret med skanner.

piloten kun har få sekunder til at korrigere for pludseligt opståede skift i vindretning og vindhastighed. I luftfartssproget betegner vindgradienten de forandringer, der sker med vinden i flyets bane. De fleste har nok oplevet følgerne af moderat vindgradient i form af en lidt hård eller slingrende landing. Når vindhastigheden tæt på jordoverfladen imidlertid dykker meget brat, kan opdriften på vingerne falde til et kritisk lavt niveau, og så er der risiko for et egentligt havari. Ud over eksemplerne i indledningen er der også sket flere katastrofale ulykker på grund af kraftig vindgradient i USA, Thailand og i lufthavne overalt i bjergene, hvor de lokale vindforhold ofte kan være ekstreme. Derfor har mange lufthavne placeret udstyr til at opdage vindgradient for enden af landingsbanen. Men det eksisterende udstyr er kun i stand til at spore

meget kraftige vindskift. Nu har et samarbejde mellem det franske firma Leosphere, Risø-DTU, Haeson Technology og rådgivningsvirksomheden IPU ført til et avanceret vindmålesystem, der præcist kan kortlægge samtlige vindforhold over en hel lufthavn.

Luftrummet sikres ved indflyning

Forskerne har i mange år vidst, at man kan anvende laserlys til at måle vinden. Det er dog først i de seneste år, at der er kommet kommercielle lasere frem, der er så tilpas stabile, at de kan modificeres til brug til egentlige vindskannere. De såkaldte vind Lidars (light detection and ranging) er nu så præcise, at vindforskernes gamle drøm om tidstro tredimensionale målinger af luftens vindfelter er tæt på at kunne realiseres. I Frankrig har virksomheden Leosphere udviklet den kommercielle lidar Windcube 200, der, fra en placering på jorden, udfører vertikale vindprofilmålinger af vindhastigheder over et terræn. Vindforhold kan som nævnt påvirke fly kritisk under landinger, og derfor har lufthavne brug for lidarudstyr. FN's luftfartsorganisation, ICAO (International Civil Aviation Organization) sørger for ensartede standarder for alle aspekter af civil lufttrafik, og ICAO har for nylig rådet de 188 tilsluttede lande til at implementere pålidelige vindgradient og turbulensmålinger over alle lufthavne. Kun 20 % af lufthavnene er i dag i stand til at måle vindgradienten nøjagtigt. Derfor samarbejder firmaet Leosphere med IPU og Risø-DTU om at udvikle en ny lidar, der takket være en rækkevidde på over 5 kilometer og præcis skanningskapacitet, vil kunne måle vind og turbulens over en hel lufthavn og i 3D.

Måling på fremtidens vindmøller

Skanneren til Leosphere er en såkaldt long range skanner, der kan måle vindforhold i op til 5-10 kilometers afstand, hvilket er nødvendigt til brug til

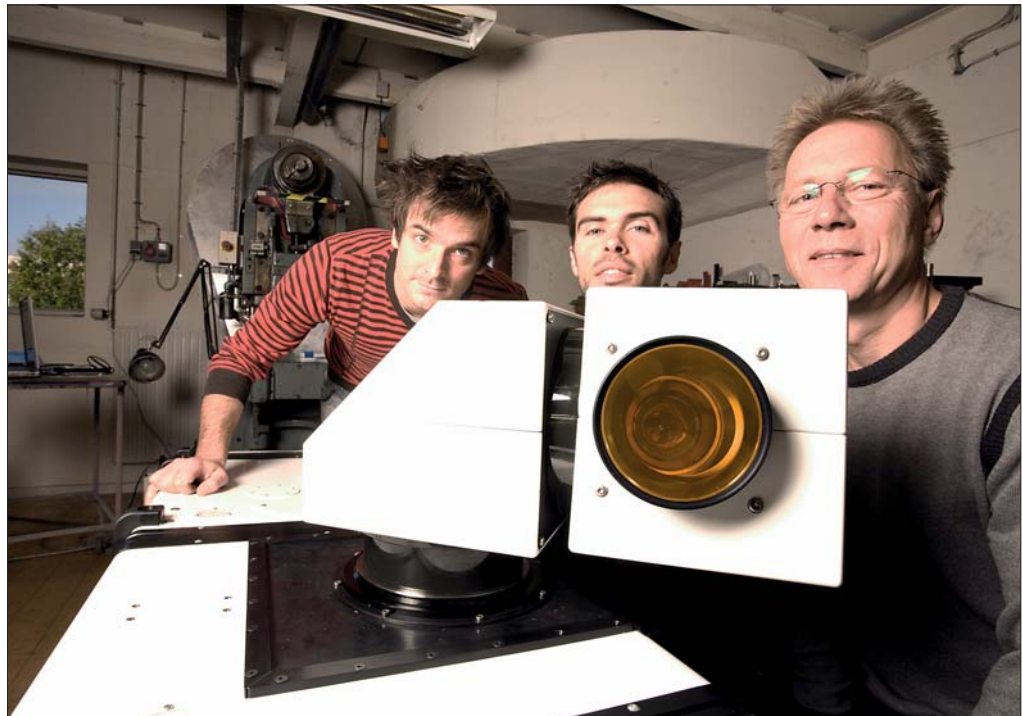


Foto: Carsten Broder Hansen

Fra venstre: Guillaume Gorju, Wind Lidar R&D Supervisor, Leosphere, Nicolas Laleu, Opto-Mechanical Engineer, Leosphere og Steen Andreassen, Senioringeniør, IPU bag det nyudviklede skannerhoved Windcube 200. Den nye skanner sætter lidarer fra Leosphere i stand til at måle vindgradient og turbulens i hidtil uset detaljeringsgrad i 100 meters højde over en lufthavn. Kun 20 % af verdens lufthavnene er i stand til at måle dette i dag, og de benytter måleudstyr der koster over 1,3 mio. EURO pr. apparat. Leospheres mål er at kunne sælge et mindre, lettere og mere pålideligt udstyr til under halvdelen af den pris.

Princippet i vindscanneren

Vindskanneren er baseret på stabile fiberlasere, der oprindeligt er udviklet til telekommunikation. For at opnå en komplet 3D-skanning skal der benyttes tre laserbaserede fjernvindmålere, såkaldte wind-lidars, samtidigt. Fra jorden styrer og fokuserer hver lidar sine laserstråler mod ét punkt, hvorved vindens retning og hastighed i krydsfeltet mellem de tre laserstråler bestemmes samtidig fra tre forskellige retninger med op til 500 målinger i sekundet. Ved at flytte de fokuserede punkter fra de tre wind-lidars kan vindskanneren bestemme det tredimensionale vindfelt og vind- og turbulensforholdene omkring eksempelvis en vindmølle eller foran et landende fly.

På den øverste figur ses, hvordan lyset spredes fra de tre lasere fra små partikler, der bevæger sig i vinden. Målingen af vindhastigheden er baseret på Dopplereffekten, hvor forskellen på frekvensen af den udsendte og tilbagekastede laserstråle bruges til at beregne hastigheden, hvormed partiklerne bevæger sig.

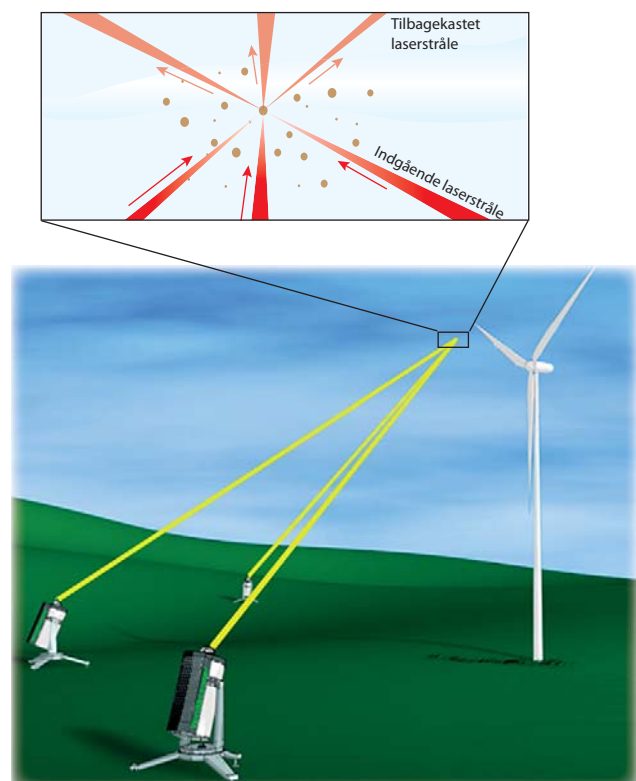




Foto: Carsten Broder Hansen

Test af jordbaseret vindskanner: Laserlys sendes ud fra skannerhovedet og det reflekterede lys fra luftens partikler giver et præcist 3D billede af vindpåvirkningen både foran en vindmølle, af vinden der rammer møllen samt af vindpåvirkningen på hele rotorfladen. Denne information sætter blandt andet vindmølleproducenterne i stand til at designe og placere møller så der opnås større produktivitet og længere levetid af de enkelte møller.

vindskannerbaserede forsøg skal hjælpe med til at sikre og forbedre energiproduktionen fra vindmøller samt øge møllernes levetid.«

Rotationer i flere planer

Både for long-range skanneren til Leosphere og for short-range skannerne ligger nøglen til at opnå præcise 3D-målinger i at udsende laserlyset i en stabil og jævn fokuseret stråleflade. En afgørende forudsætning har derfor været at udvikle et roterende laserhoved, der sender lyset mod flere bevægelige prismer eller spejle, der kan bevæges uafhængigt i flere plan. Det er ingeniører fra IPU, der har stået for at udforme de roterende skannerhoveder og de bevægelige moduler. Senioringeniør Steen Andreasen, IPU har arbejdet med to teknikker samtidigt for at opfylde kravene til de to skanner-typer. Han siger: »Til Leosphere-skanneren er det nødvendigt at bruge spejle til at reflektere laserlyset og få det sendt 10 kilometer ud uden forvrængning. Her er løsningen at montere et fast spejl foran laseren, der sender lyset i en ret vinkel op til et andet, roterende spejl, der videresender lyset ud i en foruddefineret mønsterflade eksempelvis for enden af en startbane. Med short-range skanneren er der behov for øget præcision, men målingen sker i en kortere afstand fra laserhovedet, så her sendes laserlys gennem en roterende prisme, der ganske vist dæmper lysets effekt, men til gengæld tillader bedre styring af udsendelsesretning. Til den nye prototype har vi for første gang benyttet to prismer, der roterer uafhængigt af hinanden. Med en enkelt prisme kan man skanne punkter på en cirkel, men med to prismer bliver det nu for første gang muligt at skanne alle punkter i et arealplan foran eksempelvis en vindmølle.«

de meget lange baner, som de nyeste kæmpefly anvender. Risø-DTU udvikler dog også short-range skannere, der især er egnede til at måle vindforhold ved og omkring vindmøller. Den kortere rækkevidde på disse skannere opvejes af en enestående detaljeringsgrad og hastighed på målingerne, hvilket har stor betydning for både planlægning af møllers placering og for ydeevne og stabilitet af den enkelte vindmølle. Forskningsleder Torben Mikkelsen, Risø-DTU forklarer: »Vi har hidtil benyttet uheldige og meget kostbare meteorologiske master for at måle vinden foran vindmøllerne. Masterne giver os kun målinger i enkelte punkter lige foran møllen, evt. suppleret af målinger på selve møllehatten, men det er ofte vindpåvirk-

ningen på hele rotorfladen, som er virkelig interessant, og der kommer masterne til kort. Alleerede i dag har 5 MW møllerne en rotorflade på samme areal som en fodboldbane, så det er selvsagt begrænset hvilken værdi det har at måle i et enkelt punkt. Med laserlys fra vindskannerne kan vi måle vinden på hele rotorfladen og derved finde ud af, hvordan rotorblad-vinklingen skal optimeres og hvordan belastningen fra vindstød, storme, vindgradienter og ustabile vindforhold kan minimeres.«

Prototype klar

En første proto-type af en jordbaseret short-range vindskanner er netop fremstillet og færdigmonteret på Risø-DTU's værksted, og testmålingerne

er i fuld gang. Laserne fra tre sådanne jordbaserede skannere udsender infrarødt laserlys, og det afsendte lys reflekteres af små partikler i luften. Ud fra det reflekterede lys kan den samlede vindbevægelse over et meget stort luftvolumen præcist kortlægges. Disse nye detaljerede målinger er et stort skridt på vejen mod at opfylde EU's 2020-mål om at kunne dække 20 % af unionens energibehov ved hjælp af vedvarende energi. Torben Mikkelsen uddyber: »Myndigheder og vindmølleindustrien og ikke mindst vindenergiforskerne har behov for detaljeret viden om vindbevægelser og turbulens i de områder, hvor fremtidens store hav- og landbaserede vindmølleparker skal projekteres og placeres. Resultaterne fra vores nye

Indbygget i møllens rotor

Ud over den direkte industrielle anvendelse, der både omfatter franske Leosphere og danske vindmølleproducenter, har vindskanner-projektet også en

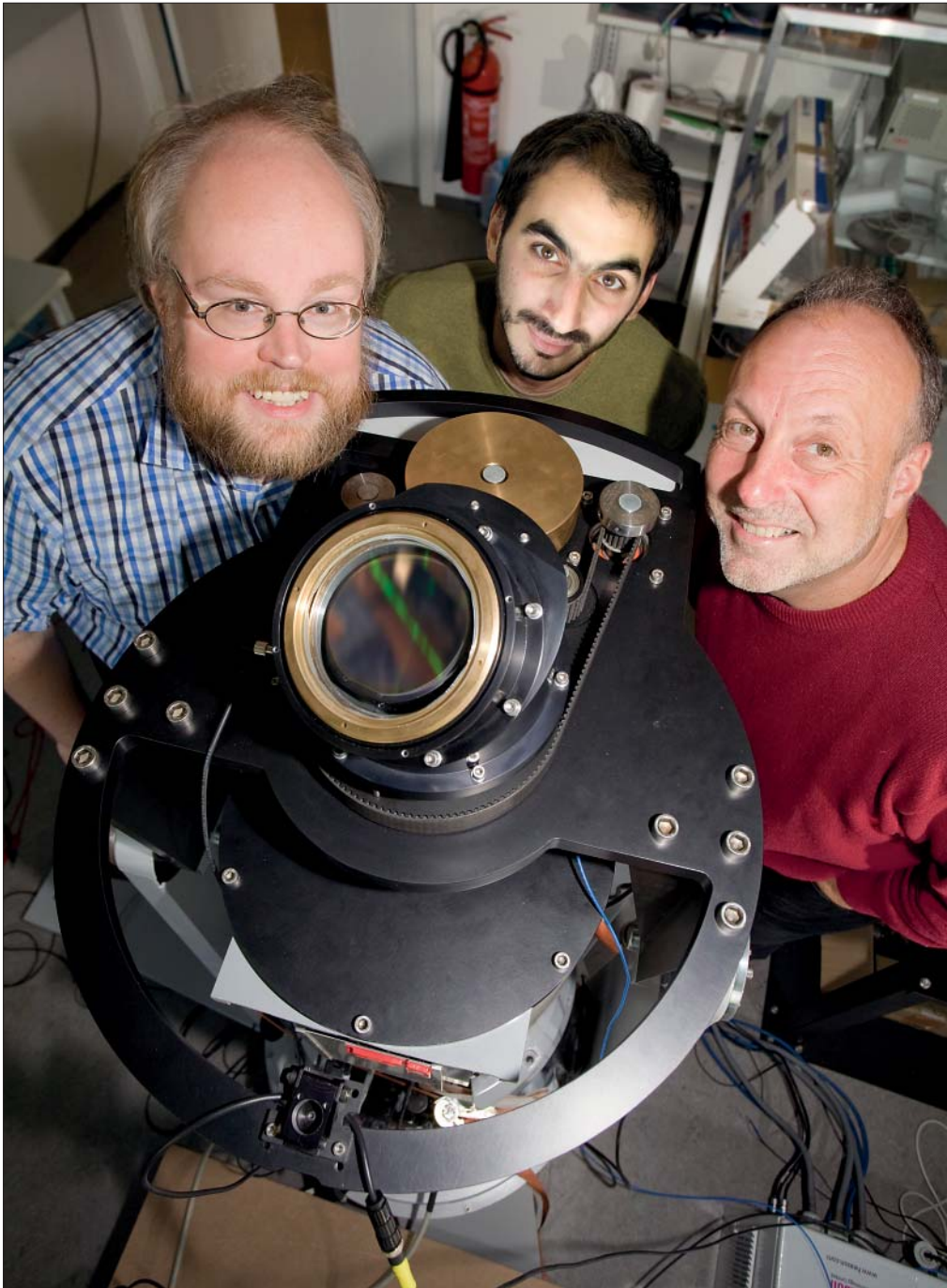


Foto: Carsten Broder Hansen

Fra højre: Forskningsleder Torben Mikkelsen, Risø-DTU med forskningsassistent Nikolaos Angelou og post.doc Mikael Sjöholm bag prototypen af Risø-DTU's nye vindskanner, udviklet og konstrueret i samarbejde med rådgivningsvirksomheden IPU.

række visioner for den videre forskning. Disse handler blandt andet om at opnå målinger i fuld skala af vindens bevægelser over vinger og gennem rotorflader, detaljerede vindmålinger af strømning og turbulens over bakket og komplekst terren samt pro-aktiv vindmåling til styring og kontrol af vingbladernes vinkling og rotorens omdrejningstal ved hjælp af målinger fra en vind-lidar, der

er integreret i selve rotor-navet på en vindmølle. Torben Mikkelsen venter sig meget af forskningen i de laserhoveder, der integreres i selve rotorerne og han opsummerer:

»Vi udvikler lige nu, sammen med IPU, et roterende laserhoved, der fra den indbyggede vind-lidar hvert sekund er i stand til at skanne 400 punkter. Hvis et sådant laserhoved sidder i selve møllen kan det

på et enkelt sekund give et øjebliksbillede af vindbevægelserne over hele rotorfladen foran møllen. Et signal om øjeblikkelig ændring af vinkling på vingbladene og rotor hastighed efter den aktuelle vindsituation kan have stor betydning for både el-produktion og for møllens holdbarhed. Det er det vi gerne vil eftervise med vore fremtidige forsøg med vindskannerne i praksis.« ■

Om forfatteren



Carsten Broder Hansen er redaktør, videnskabsjournalist og fotograf ved kommunikationsenheden ScienceComm, beliggende på DTU
Tlf.: 2214 7428
cbh@ipu.dk

Kontakt til forskerne:

Forskningsspecialist
Torben Mikkelsen
tomi@risoe.dtu.dk

Senioringeniør
Steen Andreasen
sa@ipu.dk

Videre læsning

Big is Better. *Dynamo* nr. 19, 2009. pp16-19.

Søg på Google:
WindScanner.dk og andre
LIDAR projekter på Risø
DTU