

INDUSTRIENS FOND

Blockchain i vindmølleindustrien

# UNWIND WHITEPAPER

Udarbejdet af Aarhus Universitet BTECH  
Delendorff Advisory  
APOP4Wind  
Fraunhofer FIT

Med input fra Per Lauritsen, Siemens Gamesa

# INDUSTRIENS FOND

## Udarbejdet af:

Aarhus Universitet – BTECH; René Chester Godusheit, Kristoffer Holm  
Delendorff Advisory; Jacob Høj Jørgensen, Lea Mejlholm  
APQP4WIND; Kim Nedergaard Jacobsen  
Fraunhofer FIT; Andrei Ionita, Wolfgang Prinz  
med input fra Per Lauritsen, Siemens Gamesa

Design wayfab ApS · wayfab.dk

# I

## Indholdsfortegnelse

<b>1. BAGGRUND</b>	4
1.1. RAPPORTENS FOKUS	4
1.1.1. Tilgang	4
<b>2. INTRODUKTION TIL BLOCKCHAIN I VINDINDUSTRIEN</b>	6
2.1. SMART CONTRACTS – DE FÆLLES SPILLEREGLER FOR BLOCKCHAINEN	7
2.2. GOVERNANCE	8
2.3. DIGITAL TWIN	8
2.4. DECENTRALIZED IDENTIFIERS (DID)	10
2.5. VERIFICERING AF DIGITALE CERTIFIKATER	12
2.6. BLOCKCHAIN-NETVÆRK – OFFENTLIG ELLER PRIVAT	13
2.6.1. Offentligt blockchain-netværk – permission-less	13
2.6.2. Offentligt blockchain-netværk – permissioned	13
2.6.3. Privat blockchain-netværk – permissioned	14
<b>3. EN BOLTS REJSE I VÆRDIKÆDEN – EN USECASE I UNWIND-PROJEKTET</b>	15
3.1. FASE 1 – REGISTRERING	15
3.2. FASE 2 – SERVICE	16
3.3. FASE 3 – AFSLUTNING AF OPGAVE	16
3.4. FASE 4 – CIRKULÆR ”DECOMMISSIONING”	17
<b>4. DRIVERE OG BARRIERER FOR BLOCKCHAIN I VINDINDUSTRIEN</b>	18
4.1. DRIVERE FOR BLOCKCHAIN I VINDINDUSTRIEN	18
4.1.1. Konkurrentsamarbejde	18
4.1.2. Nye forretningsmuligheder – fælles innovation og digitalisering af service-salg	18
4.1.3. Reducering af omkostninger	19
4.1.4. Opdateret og fælles data	20
4.1.5. Verificering af tests – større tillid til testprocesser øger kvalitet og reducerer omkostninger	20
4.1.6. Fælles standarder for Decentralized Identifiers (DID) vil løfte branchen	20
4.1.7. Bæredygtighed – hvor ender møllerne, når de ikke er i brug?	
Dokumenteret genbrug, genanvendelse og bæredygtig bortskaffelse	21
4.1.8. Energiforbrug og Levelized Cost of Energy (LCOE)	22
4.2. BARRIERER FOR BLOCKCHAIN I VINDINDUSTRIEN	22
4.2.1. Usikkerhed om mulighederne med blockchain – vis os, det fungerer, og lav en businesscase	23
4.2.2. Er der altid fuld transparens? – nødvendig og sikker kontrol med adgang til data	23
4.2.3. Implementering af blockchain-teknologi – økonomi/investeringen	23
4.2.4. Hosting af data og vedligehold – har vi kompetencerne, og vil vi bruge tiden?	23
4.2.5. Lokalt er ikke nok – det skal fungere i et globalt netværk	24
4.2.6. Tillid til leverandører – er det teknologibåren tillid eller kontrol?	24
<b>5. BLOCKCHAIN I VINDINDUSTRIEN – ER VI PARATE?</b>	25
5.1. TEKNOLOGISK PARATHED	25
5.1.1. Refleksionsspørgsmål	26
5.2. ORGANISATORISK PARATHED	26
5.2.1. Refleksionsspørgsmål	27
5.3. VÆRDIKÆDENS PARATHED	27
5.3.1. Refleksionsspørgsmål	27
5.4. ØKOSYSTEMETS PARATHED	28
5.4.1. Refleksionsspørgsmål	29
<b>6. KONKLUSION – POTENTIALERNE ER BETYDELIGE</b>	31

# 1.

## Baggrund

De seneste år har vindmølleindustrien oplevet hastig vækst. Det har skabt et marked i skarp konkurrence og en større distance mellem vindmølleproducenter og underleverandører i et forsøg på at sikre den højeste konkurrence. Den hårde konkurrence skaber således en kultur, hvor det at dele viden og finde fælles løsninger erstattes af et fokus på at optimere egne løsninger og egen forretning – en kultur, der hæmmer den generelle innovation i branchen.

UnWind er et forsknings- og udviklingsprojekt finansieret af Industriens Fond, som sætter fokus på styrkelse af samarbejdet mellem underleverandører med henblik på at øge innovationen i branchen – dette ved at introducere blockchain-teknologien, som bygger på systematisk datadrevet vidensdeling. Formålet med projektet er således at skabe bedre muligheder for samarbejde og vidensdeling i byggeprocessen ved at give leverandører lige tilgang til data samt indsigt i og konsensus om ændringer i dokumentation.

Ved at udvikle og teste en blockchain-usecase vil projektet understøtte kvalitetssikring i en udvalgt del af værdikæden fra underleverandør frem til og med vindmølleproducenten.

Projektet ledes af Aarhus Universitet – BTECH og inkluderer yderligere APQP4Wind, Fraunhofer Blockchain Lab og Delendorff Advisory som partnere.

### 1.1. Rapportens fokus

Et projekt som UnWind afstedkommer mange diskussioner og overvejelser om forretning, teknologi og samspillet mellem organisation og strategier. Ved hjælp af løbende interviews, dialog og interaktion med virksomheder i vindmølleindustrien og på tværs af partnerkredsen har vi med en aktionsforsknings-tilgang udforsket de forretningsmæssige, teknologiske og organisatoriske potentialer og udfordringer i udviklingen og implementeringen af blockchain-teknologien.

Formålet er at opnå størst mulig værdi fra usecasen ved løbende at fastholde væsentlige opmærksomhedspunkter, der enten kan være løftestænger eller udgøre udfordringer for den fremtidige anvendelse af blockchains, og supplere med et bredere perspektiv fra branchen ved i forløbet at inddrage, interviewe og søge sparring blandt medarbejdere i forskellige positioner i de enkelte organisationer og på tværs af værdikæden og økosystemet.

Undervejs vil du blive mødt af tekstbokse. Her får du et kort svar på nogle af de spørgsmål, vi oftest har mødt i arbejdet med dette whitepaper.

#### 1.1.1. Tilgang

Nærværende whitepaper er baseret på en række eksplorative interviews og samtaler med aktører inden for vindindustrien. Aktørerne er udvalgt på baggrund af et ønske om repræsentativitet i viden og indsigt inden for branchen. Der er i alt gennemført 32 interviews og samtaler.

Alle interviews og samtaler har haft til formål at tilvejebringe indsigt i og perspektiver på anvendelse af blockchain-teknologi i vindindustrien – herunder muligheder og udfordringer. Derudover baserer whitepaperet sig på en række samtaler med partnere, der har været direkte involveret i udviklingen af usecasen. Deres erfaringer med arbejdet inden for rammen af nærværende projekt har således været et væsentligt bidrag til at opnå en mere nuanceret forståelse af emneområdet og relevansen for branchen. Samlet set har dataindsamlingen og de enkeltes generøse bidrag i form af deres tid og overvejelser gjort det muligt at kvalificere opmærksomhedspunkter, drivere og barrierer med henblik på at nuancere forståelsen af de potentialer, som blockchain-teknologien skaber.

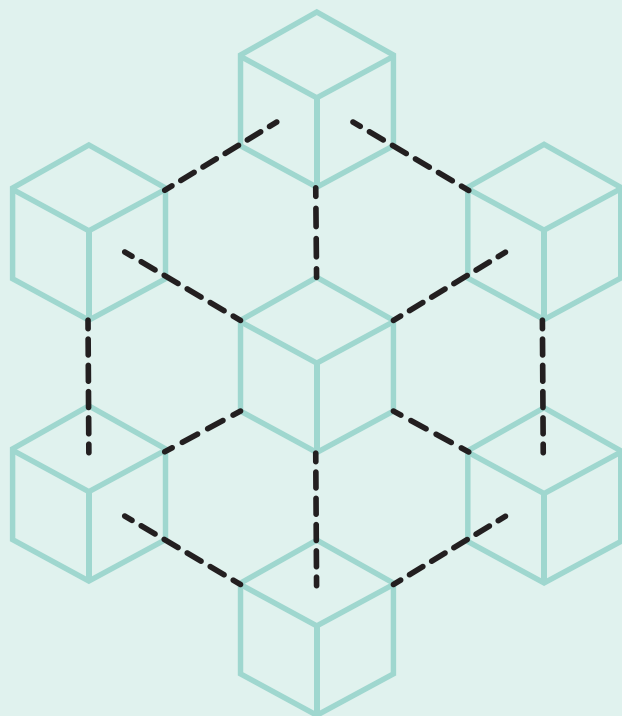
Alle findings og perspektiver fra interviews er blevet anonymiseret og konverteret til en række generiske elementer, som udfoldes i det følgende.



# 2. Introduktion til blockchain i vindindustrien

Internettet har i mange år været, og er til dels stadig, det primære system til deling af information (Internet of Information). Dokumenter kan sendes fra en afsender til en modtager, hvilket giver modtageren muligheden for at redigere i en kopi af dokumentet. Kopien er således ikke noget værd i sig selv, idet den kan redigeres og videresendes. Med blockchain-teknologien er det muligt at udveksle data, som ikke kan kopieres og ændres, uden at det kan spores. Data kan således få en ny værdi ved brug af blockchain-teknologi, da det gør det muligt at undgå, at kopiering kan foregå, uden at det kan spores tilbage (Internet of Value).

Data opbevares ved hjælp af blockchain-teknologien i såkaldte blokke af data, som efter redigering bliver låst med et krypteret nøglepar og dermed er uredigerbare. Når data er skrevet ind i en blockchain, replikeres data på alle enheder koblet på blockchainen og fremgår af en transaktionslog, som kan læses, men ikke redigeres. Med andre ord er det muligt at tilføje data, men det er ikke muligt at manipulere data, og der vil således til enhver tid være en fuldstændig transaktionslog.



Der er dermed transparens i forhold til, hvilke ændringer eller tilføjelser der er lavet hvornår og af hvem, og denne data er fastlåst, replikeret og gemt på alle computere i værdikæden (netværket). Der eksisterer på den måde heller ikke et single point of failure, hvor vi med et enkelt nedbrud risikerer at miste al vores fælles data. Det betyder samtidig, at hvis én partner udtræder af partnerskabet, som er koblet på en blockchain, forbliver data i blockchainen hos de øvrige partnere uændret. Det er ligeledes muligt at invitere nye partnere ind, så længe vi er enige om det og om spillereglerne. Alle involverede parter ejer således den data, som er tilgængelig via en blockchain.

Hvis et æble eksempelvis skal transporteres fra A til B, som illustreret i figuren på næste side, er der ofte mange touch points, hvor æblet skal overgå fra én aktør til en anden. På traditionel vis registreres overleveringen af æblet fra aktør til aktør manuelt på papir, hvorfor risikoen for fejl og forsinket eller mangelfuld information øges. Papiret er med andre ord vores transaktionslog, men vi kan ikke være sikre på, at der står det samme på alle vores dokumenter, og typisk vil kun en del af informationen følge med æblet hele vejen til slutkunden.

Med blockchain gøres data transparent, således at data er tilgængelig og umanipuleret i det omfang, at vi er enige om, at alle har adgang.



Med andre ord udgør blockchains kæder af data, der kan bidrage til at skabe sikkerhed i usikre situationer, hvor værdier og rettigheder overføres – eksempelvis tokens, huse, biler, penge og data – og ikke mindst emner og delkomponenter til konstruktion af en færdig og velfungerende vindmølle.

I eksemplet med æblet kunne vi aftale, at når vi modtager æblet, tjekker vi, om det har den ønskede kvalitet, og skriver under, såfremt det er tilfældet. Derefter ringer vi til det næste led i kæden og fortæller, at vi har tjekket æblerne, og at æblet nu er på vej til dem. I en blockchain kan sådanne processer automatiseres, og vi kan sikre at det lige præcis er de modtagne og kvalitetstjekkede æbler, der sendes videre. Det sker ved hjælp af smart contracts, som beskrives i det følgende.

### 2.1. Smart contracts – de fælles spilleregler for blockchainen

Partnerne i en blockchain kan indgå i samarbejdet på baggrund af en række automatiserede regler – disse regler betegnes smart contracts. Det er smart contracts, der definerer spillereglerne for vores samarbejde.

#### Eksempel:

*Malene køber en bil af Peter og betaler hver måned bilen på afbetaling. Sidste måned glemte Malene at betale, og da hun forsøgte at låse bilen op, forblev bilen låst. Malenes adgang til bilen er nemlig betinget af, at de månedlige afbetalinger gennemføres.*

Årsagen til, at Malene ikke kunne køre en tur, som hun plejede, var altså ikke, at Peter havde tjekket sin bankkonto og konstateret den manglende indbetaling – og derefter havde entret med en låsesmed, der udskiftede låsen. Det var derimod, fordi der inden indgåelse af aftalen var lavet en spilleregul for samarbejdet – en smart contract. Den beskrev, at ved manglende betaling på en given dato, bortfaldt nøglens tildelte rettighed til at betjene låsesystemet.



### Hvordan kommer data ind i blockchainen?

Det kan eksempelvis ske i det øjeblik, produktet påføres en unik identificering. Med en smartphone, tablet eller anden enhed scannes emnet og skrives direkte ind i blockchainen med tilhørende data om for eksempel materialer, dimensioner, produktionstidspunkt, batch etc. Fra dette tidspunkt kan enhver aktivitet, der påvirker emnet, kobles på DID'en (Decentralized Identifier, se afsnit 2.4) og til enhver tid dokumenteres, ligesom særlige hændelser vil kunne søges frem.

### Kan en blockchain køre på tværs af OEM'er (Original Equipment Manufacturer)?

Kernen i blockchains er, at de kører ens hos alle partnere. Dernæst er der en lokalintegrering til eget system og datawarehouses.



På en offshore mølle kunne man forestille sig følgende

### Eksempel:

*Ole skal efterspænde en bolt på en vindmølle. Når bolten er efterspændt med det rigtige moment, og dette er registreret i blockchainen med eksempelvis en digital momentnøgle, udbetales automatisk et aftalt honorar. Udbetalingen af honoraret er betinget af, at bolten er efterspændt med det rigtige moment. Det tjekkes via smart contracten automatisk, og i positivt fald gennemføres transaktionen.*

Dette er en hurtig og effektiv måde at håndtere transaktioner på og kan afhjælpe forskellige typer af forsinkelser i værdikæder og fejl i manuelle processer.

Ved hjælp af blockchain-teknologien registreres alle data forbundet med ovenstående eksempel i blokken – handlen med bilen, de månedlige overførelser, den automatiserede regel som en betingelse for samarbejdet etc. Der er således ingen tvivl om historikken, og om betalingen er gået igennem eller ej – alt data er samlet i en blockchain, som ikke kan redigeres.

## 2.2. Governance

Selvom alt data er samlet i én blockchain, er det ikke nødvendigvis alle parter, der har behov for alle data for at kunne løse en opgave. Der er således behov for konsensus blandt alle parter om, hvilke data der skal skrives ind i en blockchain, og hvilke data der skal være tilgængelige for hvem.

I det følgende udfoldes en række centrale begreber og karakteristika for blockchain, som er afgørende for forståelsen af teknologien og dens anvendelsesmuligheder.

### Er det sikkert– og hvad med adgangskontrol og kryptering?

Ja. Alle data er krypteret et privat blockchain-netværk. Det samme er adgangen til data. I blockchainen er der nogle definerede roller, der giver adgang til visse data. Kun med den rette nøgle og rolle gives adgang til data.

## 2.3. Digital twin

En digital tvilling kan betegnes som en samling af data og processer i en virtuel repræsentation af den fysiske virkelighed.

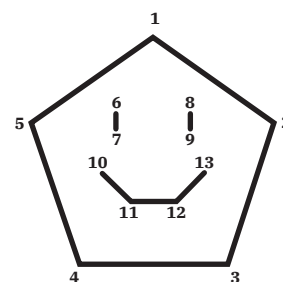
Det er en forudsætning for brugen af blockchain, at det, man vil følge, har en digital eksistens – og siden der i høj grad er tale om fysiske objekter (hvad end det er bolte, æbler eller noget helt tredje), så er tilstedeværelsen af en digital tvilling ofte nødvendig, for at blockchain kan bruges.

I den virkelige verden er store mængder af analoge data tilgængelig. Vi kan derfor i teorien få al den data, som vi har behov for, og vi kan eksempelvis nøje afkode en form eller en figur blot ved at kigge på den. I den digitale tvilling prioriteres, hvilke data der er væsentlige, alt efter hvor mange datapunkter og dermed nuancer der er behov for. Antallet af punkter i den digitale tvilling afhænger således af behovet for nuanceret viden.

Hvis det er afgørende at kende den nøjagtige form på figuren, er det nødvendigt med en digital tvilling bestående af flere datapunkter i forhold til en situation, hvor vi kan nøjes med en tilnærmet form som i figuren nedenfor. Jo flere datapunkter vi har til at beskrive formen, jo tættere kommer vi på den virkelige, analoge verden. Er det derimod tilstrækkeligt at have et omrids af formen, men nuanceret viden om humøret, er det nødvendigt med få datapunkter om form, men mange datapunkter om elementer, der fortæller noget om humøret, eksempelvis mund og øjne.



Virkeligheden



Digital twin

Den digitale tvilling er således en virtuel repræsentation af den fysiske virkelighed på baggrund af data fra den fysiske virkelighed, som vurderes væsentlig. Vi kan derfor spørge os selv, hvad der er centralt at vide og kunne logføre i forhold til:

- Materialer
- Producent
- Produktionsproces
- Leveringstidspunkt
- Test
- Vedligehold
- Genanvendelse
- Etc.

I den digitale tvilling kan simuleringer og processer afvikles som illustreret ovenfor i eksemplerne med Malene og Peter og bilkøbet og med Ole og efterspænding af en bolt. Behovet for simuleringer og processer i den digitale tvilling afgør, hvor fintmasket datanettet skal være – hvor mange datapunkter, der er behov for, og hvor meget eller hvor lidt manuel registrering, vi skal foretage. Komplexiteten i oprettelsen af en digital tvilling afhænger således af mængden af data samt værdikædens teknologiske parathed i forhold til opsamling af data og håndtering heraf. For at vi kan få data ind i den digitale tvilling, må vi vide, hvad de enkelte aktører og emner hedder: boltene, montøren, værktøjet og bilen, nøglen, kontoen etc. Til dette formål anvendes en DID, som det næste afsnit introducerer dig til.

### Hvor dyrt er det at lave en unik identificering (DID) af et objekt pr. enhed?

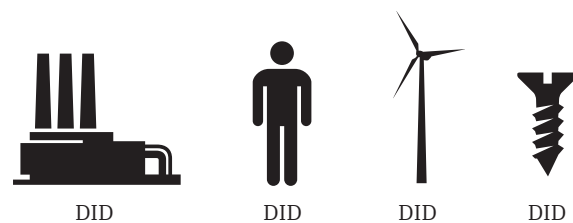
Det afhænger af kompleksitetsgraden, og priserne varierer derfor meget. Laser-gravering i metal skal man ofte påregne i størrelsesordenen 0,5-2 euro pr. enhed. En RFID-tag fås ned til 6 cent, og endelig kan man også benytte for eksempel en QR-kode på et klistermærke, der koster omkring 10 cent pr. enhed. Et traditionelt serienummer kan også fungere – hvis det er unikt. Man tildeler typisk et DID for eksempelvis en bolt ud fra modellen: TYPE (bolt) / VIRKSOMHED (Kalles Smedje) / NUMERISK SEKVEN (abcdefghijklmnopqrstuvwxyz123456789).

## 2.4. Decentralized Identifiers (DIDs)

En blockchain muliggør decentral identifikation af enheder, såsom organisationer, enkeltpersoner, objekter etc. I modsætning til traditionelle identifikatorer, som kontrolleres af centrale myndigheder og tildeles og fjernes efter eget ønske, oprettes decentraliserede identifikatorer (DIDs) af og for enhederne, som de er tilknyttede.

Alle emner eller entiteter i en blockchain har en unik identificering i form af en Decentralized Identifier (DID). Både organisationer, personer og objekter kan tildeles en DID. En DID gør det muligt at identificere alle enheder og objekter – nøjagtig som en URL-adresse gør det muligt at identificere en hjemmeside, og et CPR-nr. gør det muligt at identificere et menneske.

### Hvad er en DID – Decentralized Identifier



Til hvert emne med en DID knyttes en række data, der lagres i blockchainen, og som det er muligt at få adgang til via DID'en. På en skrue kan det være data om produktion, montering, materialer etc. Med en DID bliver et fysisk objekt genskabt som en digital tvilling, der kan tilknyttes en blockchain.

Betydningen af DID's kan illustreres ved hjælp af eksemplet med Ole, der skal efterspænde en bolt på vindmøllen.

**Eksempel:**

Ole har fået til opgave at efterspænde en bolt på en vindmølle. Ved efterspændingen opdager Ole en defekt bolt, som ikke kan efterspændes tilstrækkeligt på grund af en defekt i gevindet. Boltene skal udskiftes for at forhindre nedbrud, og Ole vurderer, at det godt kunne ligne en generel produktionsfejl. Ved hjælp af en DID markeret på boltene, som er registreret i en blockchain, gives der adgang til en række data om boltene, som er tildelt en DID – eksempelvis producent, produktionstidspunkt, batch, råmaterialer, monteringssted, monteringsposition etc. Idet alle bolte er markeret med en unik DID med tilhørende monteringssted, er det muligt at identificere øvrige bolte med lignende egenskaber tilknyttet og dermed spore boltene med henblik på udskiftning, så nedbrud undgås.

For at en DID fungerer, skal den applikeres på et objekt – eksempelvis i form af en QR-kode, et RFID-tag eller blot et simpelt, unikt serienummer, som kan aflæses og give adressen på de tilknyttede data i blockchainen.

**Hvor meget forurener blockchain-løsningen?**

Kryptovalutaer som bitcoin og andre offentlige permission-less (frit-tilgængelige) blockchain-løsninger gør brug af megen computerkraft under verificeringen af transaktioner, hvorimod private permissioned (lukkede, tilladelsesbaserede) blockchains som dem, der beskrives i nærværende whitepaper, har langt mindre intensive verifikationsforløb af transaktioner, der muliggøres ved kun at tillade betroede partnere i blockchainen. Altså kræver de lukkede blockchains samme mængde energi, som det sædvanligvis kræver at drive et netværk til udveksling af krypterede data mellem virksomheder.

Det er således afgørende, at alle de enheder, man ønsker at tracke, er markeret med en DID. Samtidig skal man være opmærksom på, hvor på emnet man placerer sin DID, og i hvilken form. Er der tale om sliddele, bør placeringen nødvendigvis tage højde for dette, så DID'en ikke nedslides og ødelægges. Der kan også være særlige temperaturforhold, vejr- og vindforhold at tage hensyn til. Endelig er det væsentligt, at komponenten kan aflæses uden unødvendige driftsstop. Der er altså meget at tage i betragtning i forhold til DID, og helt overordnet bør man overveje holdbarhed over tid, omkostninger, og at løsningen er let anvendelig.

**Eksempel:**

I usecasen er der tale om bolte med en estimeret levetid på 25-30 år. Disse bolte vil være udsat for betydelige mængder af salt grundet placeringen og dermed korrosion.

Der blev lasergravet en QR-kode på emnet med forskellige dybder, og teknikker og boltene blev gennem tre uger testet i et laboratorium. Det viste sig, at QR-koden vil være ulæselig om blot 10-15 år. Man fandt derfor en anden løsning. Læs mere om dette i kapitel 3, En bolts rejse i værdikæden, der beskriver usecasen.

Det er således nødvendigt at teste sin DID, hvis lang levetid er væsentlig for værdiskabelsen.



## 2.5. Verificering af digitale certifikater

En grundlæggende funktion i blockchain-teknologien er som tidligere nævnt, at data ikke kan manipuleres og ændres, hvilket skaber sikkerhed i transaktioner. Hver gang data registreres i en blockchain, verificeres data med de øvrige partnere i netværket. Er der tale om et privat blockchain-netværk, låses data således efterfølgende med en krypteret nøgle. Muligheden for at verificere ægtheden af en transaktion er således et centralt element ved blockchain-teknologien, som finder flere anvendelsesområder.

Et af de objekter, som kan verificeres i en blockchain, er certifikater. Når eksempelvis maskiner eller dele af en maskine skal serviceres, er der behov for en certificeret servicemedarbejder, der kan dokumentere de rette kompetencer og kvalifikationer til at servicere den pågældende maskine. Dette er væsentligt da servicering ofte kan være kompliceret og de rette kompetencer dermed er nødvendige for at undgå personskader eller maskinskader der kan føre til nedetid. Sådanne digitale certifikater kan tilbagekaldes, hvis det er nødvendigt – eksempelvis hvis det kræves at tilegnede kompetencer skal fornyes eller opdateres. Der er tre faser forbundet med anvendelsen af digitale certifikater i blockchainen, som det fremgår af figuren:

I en blockchain kan digitale certifikater udstedes af en verificeret udbyder af et kursus eller en uddannelse. I og med certifikatet efterfølgende låses i blockchainen med en krypteret nøgle, kan det herefter ikke ændres eller manipuleres. Certifikaternes gyldighed kan verificeres af enhver ekstern instans gennem en webservice hos hvilket som helst medlem af blockchainen. Dette ved at sikre, at signaturen matcher certifikatudstederens offentlige nøgle. Det gør blockchain til en effektiv teknologi til at udstede og verificere digitale certifikater og dermed undgå snyd, potentielle ulykker og defekte maskiner.

Lad os vende tilbage til eksemplet med Ole, der skal efterspænde en bolt på en vindmølle.

### Hvem ejer data i en konsortium-blockchain?

Det korte svar er, at det gør ingen og alle på samme tid. Der er således ikke én centralserver, der hoster data. Data ligger til enhver tid på alle enheder. Det har også den fordel, at der ikke er et single point of failure. Med andre ord kan samarbejdet i blockchainen fortsætte med intakte data, hvis en partner forsvinder.



**Eksempel:**

*Ole har fået til opgave at efterspænde en bolt på en vindmølle. Ole har tre år forinden været på et kursus, der giver ham kompetencerne til at efterspænde bolte på vindmøller. Han har modtaget et certifikat, som er udstedt af kursusudbyderen, som kan identificeres via en DID. Via en blockchain tildeles Ole opgaven, og hans certifikat bliver automatisk verificeret gennem en smart contract, der tjekker, at han har et gyldigt certifikat. Når certifikatet er verificeret, kan Ole modtage mere information om den opgave, der skal løses. Ole kan således kun løse den specifikke opgave, hvis hans certifikat verificeres. Under opgaveløsningen registrerer Ole en række data i relation til sit arbejde og sine handlinger. Eksempelvis hvilket værktøj, der er anvendt, position på boltene, moment ved påspænding, tidspunkt etc. Registreringen kan være manuel, via scanning af DID-mærkede værktøjer eller måske ved hjælp af et IoT (Internet of Things)-værktøj som en digital momentnøgle. Efter endt opgave besvarer Ole nogle spørgsmål om opgavens udførelse, der ligeledes registreres i blockchainen. Efter denne indtastning registreres arbejdet som udført, og udbetaling af honorar kan finde sted.*

Frem for at bruge arbejdstid på at kontrollere ægtheden af certifikater kan dette etableres som en automatisk proces i blockchainen og som en indbygget del af opgaveløsningen. Derved reduceres risikoen for meneskelige fejl og manglende verificering af certifikater på grund af tidspres.

Nedenstående eksempel illustrerer, hvorledes en blockchain-løsning også kan bidrage til at reducere potentiel manipulation med erhvervede kompetencer.

**Eksempel:**

*Mads drømmer om at skrive en ph.d. på universitet i Hamborg. Mads har læst en kandidat på University of Faliore i Italien, men bestod ikke den afsluttende eksamen. Men Mads er snu – han har manipuleret en studiekammerats eksamensbevis, så det ser ud, som om det er Mads selv, der er blevet tildelt en kandidatgrad. I en blockchain-baseret ansøgningsproces ansøger Mads om en ph.d.-plads på universitetet i Hamborg, men University of Faliore er også en del af den blockchain – og kan ikke verificere Mads' eksamensbevis. Mads bliver derfor ikke tildelt en ph.d.-plads.*

Således gør blockchain-teknologien det muligt løbende at verificere informationer, kompetencer og handlinger og på den måde skabe sikkerhed og transparens. Derved reduceres omkostninger til tjek væsentligt, og potentielt øges sikkerheden for både installation og medarbejdere i vindindustrien.

## 2.6. Blockchain-netværk – offentlig eller privat

Når en blockchain oprettes, har en række parter, der deltager i blockchain-netværket, ret til at skrive i blockchainen og beslutte, om yderligere parter må tilslutte sig netværket. Der eksisterer overordnet tre former for blockchain-netværk:

### 2.6.1. Offentligt blockchain-netværk – permission-less

I en offentlig blockchain må alle indgå i netværket og har på den måde adgang til data og mulighed for selv at tilføje data til blockchainen. Typisk introducerer offentlige blockchains en kryptovaluta og bruger tids- og energikrævende konsensusprotokoller til at holde netværket sikkert.

### 2.6.2. Offentligt blockchain-netværk – permissioned

I en offentlig tilladelsesbaseret blockchain kan alle læse blockchainen, men kun udvalgte parter kan skrive i blockchainen. Denne type blockchain-netværk styres på samme måde som det private netværk.

### 2.6.3. Privat blockchain-netværk – permissioned

I et privat blockchain-netværk er det en mindre gruppe af partnere, der har adgang til data og mulighed for selv at skrive data ind i blockchainen. Yderligere partnere kan deltage, hvis de inviteres, og tilføjes typisk til netværket gennem en afstemning blandt de eksisterende medlemmer.

Et privat blockchain-netværk er hensigtsmæssigt i forretningsssammenhænge, hvor en række aktører samarbejder om en opgave. Data deles således udelukkende med de aktører, som er relevante i den pågældende opgaveløsning.

# 3. En bolts rejse i værdikæden – en usecase i UnWind-projektet

Vindmølleindustrien er en branche, som er afhængig af mange underleverandører og sikkerhedsprocedurer i produktion, transport og opsætning af vindmøller. Der er således mange informationer, som i hele processen er væsentlige at dele og videreformidle for at sikre de mest effektive og sikre processer.

I alle vindmøller sidder eksempelvis tusindvis af bolte, som binder vindmøllens dele sammen. Disse bolte er af afgørende betydning for vindmøllens funktions-evne, og en fejl på en bolt eller i dens montering kan resultere i nedbrud eller fejl i vindmøllen.

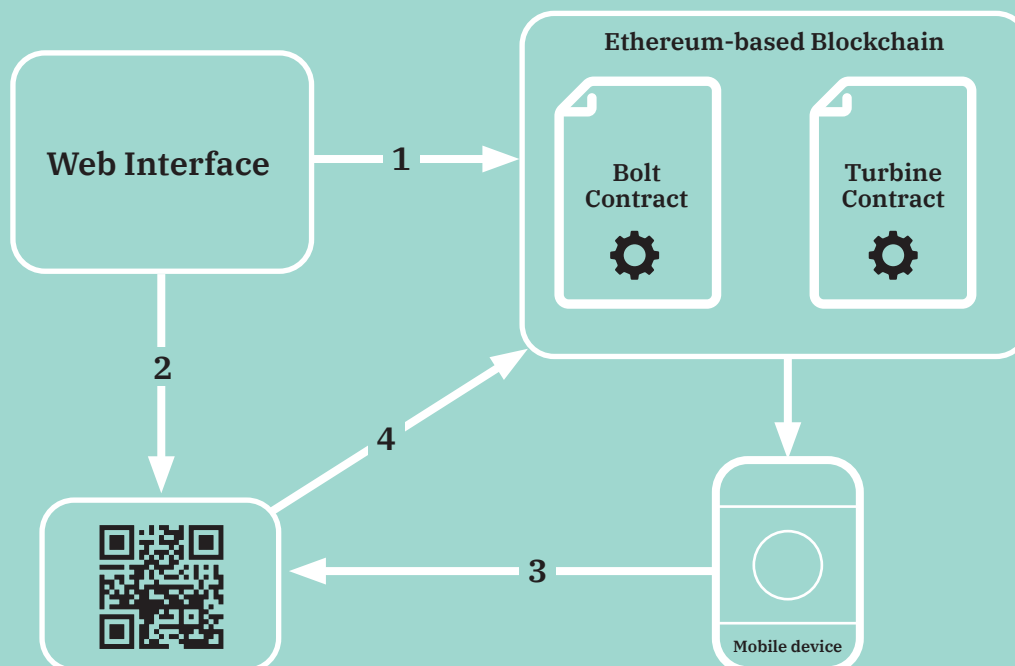
Størstedelen af al data og informationer om en vindmølles bestanddele opbevares i dag i digitale dokumenter. Den resterende del opbevares i papirform. Tilgængeligheden af informationerne kan således være begrænset og er sjældent realtidsopdateret. Det vil sige, at eventuelle ændringer ikke nødvendigvis registreres. Det gør det besværligt at håndtere

uforudsete situationer i værdikæden og kan gøre det vanskeligt at forudsige fejl og nedbrud og efterfølgende placere ansvar. Både uforudsete situationer samt nedbrud har store sikkerhedsmæssige og økonomiske konsekvenser for vindmølleproducenterne.

I projektet UnWind demonstreres blockchain-tekno-logiens anvendelsesmuligheder med udgangspunkt i de bolte, som binder komponenter i en vindturbin sammen. Mere konkret er formålet at etablere en usecase med udgangspunkt i følgende fire faser:

## 3.1. Fase 1 – registrering

I fase 1 oprettes et blockchain-netværk med de involverede parter (bolt- og vindmølleleverandør, serviceleverandør etc.), og den første data registreres – herunder hvilken bolt der er monteret på hvilken vindmølle. Den relevante data registreres i blockchainen via en DID.



Registreringsprocessen indeholder følgende aktiviteter: 1. Leverandøren indtaster data på bolt / turbine egenskaber og tilføjer dette i blockchainens smart contracts. 2. QR koden, der er interfacet til blockchainen, bliver genereret. 3. Mobilenheden scanner QR koden og går til linket. 4. Der bliver udstedt en forespørgsel på data til smart contracten. 5. Smart contracten vender tilbage med de ønskede data på bolt / turbinen

### 3.2. Fase 2 – service

Boltene monteres i første omgang af en servicemedarbejder på bestemte positioner i vindmøllen. Servicemedarbejderen kontrollerer også boltens spændinger med jævne mellemrum for at kontrollere, om boltene er i god stand. Servicemedarbejderen registrerer sit certifikat i blockchainen. Når certifikatet er verificeret, tildeles en boltmonterings- eller verifikationsopgave til servicemedarbejderen. Dato/tidspunkt for opgaveløsningen, de anvendte værktøjer og yderligere indsamlede data mv. registreres i blockchainen.

### 3.3. Fase 3 – afslutning af opgave

Efter servicering af bolten registreres resultatet i blockchainen – har serviceringen været succesfuld, eller er der opmærksomhedspunkter eller fejl? Når resultatet er blevet verificeret af opgavestiller, afsluttes opgaven, og betaling for servicen foregår gennem blockchainen.

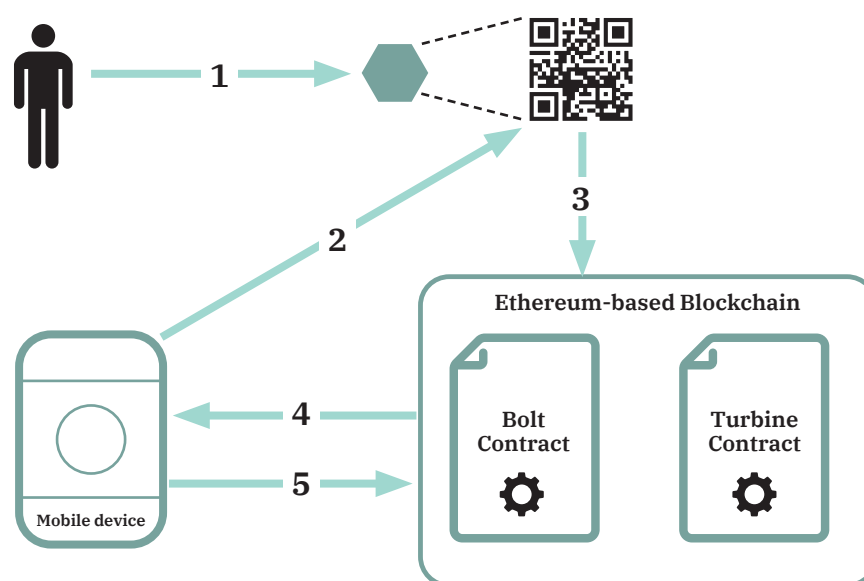
I nedenstående model illustreres anvendelsen af blockchain inden for vindmølleindustrien – både den data, der er tilgængelig i blockchainen, og den rækkefølge, data skrives ind i blockchainen.

Vedligeholdelsesprocessen indeholder følgende aktiviteter: 1. servicetekniker bekræfter påspændingsmoment for den monterede bolt. 2. QR koden på bolt (DID´en) bliver scannet af mobilenheden som følger linket. 3. Der bliver udstedt en forespørgsel til bolt / turbine Smart Contracten. 4. Den identificerede bolt / turbine bliver hentet og vist på mobilenheden. 5. Resultatet af vedligeholdelsesopgaven bliver tilføjet i blockchainen

### 3.4. Fase 4 – cirkulær ”decommissioning”

Når en bolt tages ud af drift, registreres den i blockchainen som ”ikke i brug”. Eksempelvis hvis en hel turbine tages ud af funktion, eller hvis den enkelte bolt udskiftes. Herefter kan bolten genanvendes eller i kraft af råmaterialet indgå som bestanddel i tilblivelsen af nye komponenter med fuld sporbarhed og dokumentation af boltens proces fra vugge til vugge.

Ved hjælp af blokke med data, som alle er tilgængelige i samme system, er det således hensigten at demonstrere mulighederne for at dele viden og foretage intelligente analyser af data, der eksempelvis kan være anvendelige i forhold til backtracking og forecasting i relation til nedbrud på vindmøller







# 4.

## Drivere og barrierer for blockchain i vindindustrien

Gennem samtaler med en række vindmølleproducenter og underleverandører kan en række drivere og barrierer i forhold til udvikling og implementering af blockchain-teknologi i vindindustrien identificeres. Samtalerne bygger på drøftelser af de forretningsmuligheder, de ser i teknologien, og overvejelser om de barrierer, man potentielt vil støde på ved implementering. Alt efter de interviewedes kendskab til blockchain har samtalen enten taget udgangspunkt i 1) blockchain-teknologien og adresseret potentielle forretningsmuligheder eller i 2) den eksisterende forretning og dens udfordringer, hvor blockchainens egenskaber er præsenteret og diskuteret som en potentiel løsning/forbedring.

### 4.1. Drivere for blockchain i vindindustrien

I det følgende beskrives de drivere, som viser sig afgørende for både vindmølleproducenter og underleverandører i forhold til at tage de første skridt mod implementering af blockchain-teknologi.

#### 4.1.1. Konkurrentsamarbejde

Et tilbagevendende tema i samtalerne med både leverandører og turbineproducenter er, at en blockchain-løsning og det forudgående arbejde omkring standardisering af forretningsprocesser ikke alene drager fordel af, men nærmest er afhængigt af et samarbejde blandt virksomheder, der normalt konkurrerer. Med andre ord, hvis ikke turbineproducenterne kan blive enige om, at visse forretningsområder skal være samarbejdsbaserede frem for konkurrencebaserede, så vil blockchain-løsningen ikke skabe (i hvert fald ikke lige så stor) værdi, da teknologien netop er tiltænkt at forbedre økosystemet (industrien som et hele) frem for blot en enkelt eller få virksomheder. Netop denne villighed til at samarbejde med sine konkurrenter, for at opnå en fælles værdi, er et af kendetegnene for industrien og denne usecase. Gennem adskillige uafhængige samtaler har repræsentanter fra industrien gjort det klart, at de ser fordele i at arbejde sammen med deres konkurrenter. Og hvad der måske i første omgang kan virke overraskende, er, at det er de nærmeste konkurrenter, man ser det største potentielle i at samarbejde med, da man ved,

at disse virksomheder leverer respektable produkter på niveau med dem, der produceres internt i egen virksomhed. De gentagne eksempler på samarbejds-villighed handler om at gøre kagen (markedet) større, frem for at tage en større bid (markedsandel) af kagen: at sænke omkostningerne i værdikæden gennem standardiseringen og i at have et fælles synspunkt om, at de virkelige konkurrenter er producenter af solenergi og andre vedvarende energikilder i første række og fossile brændstoffer i anden række.

#### 4.1.2. Nye forretningsmuligheder – fælles innovation og digitalisering af service-salg

Det foregående arbejde omkring standardisering af forretningsprocesser og villigheden til samarbejde i industrien muliggør ikke alene blockchain-usecasen, men også andet potentielt samarbejde inden for innovation. Ved at skabe fælles betingelser for forretningsprocesser, og ved at have en fælles platform til dataopbevaring og -deling, skabes der også en mulighed for yderligere innovation på tværs af virksomhedsbarriererne. Digitaliseringen og standardiseringen af transaktionelle forretningsprocesser på en fælles platform som blockchain muliggør et større datagrundlag, der danner grundlag for at kunne optimere diverse processer i industrien. Grundet den kryptografiske anonymisering af data, som blockchain benytter, vil big data-analyser af den tilgængelige data i blockchainen potentielt kunne lede til nye erfaringer og muligheder, der er baseret på et større datagrundlag, end de enkelte virksomheder i sig selv har adgang til. Yderligere er en fordel ved at samle og digitalisere transaktionshistorikken, at salg af service-oplysningerne muliggøres, hvilket giver de implicerede virksomheder mulighed for at sælge yderligere data videre til deres kunder. Specielt i servicesammenhæng kan der drages nytte af hurtigere at kunne tilgå yderligere oplysninger fra leverandører, hvilket muliggøres ved hjælp af smart contracts i blockchainen.

### 4.1.3. Reducering af omkostninger

Vindmølleproducenterne lever selvsagt af at producere energi baseret på vindkraft. Hvis en vindturbine ikke producerer energi, har det således store økonomiske omkostninger. Blandt mange centrale komponenter, der sikrer møllens effektive produktion, er boltene, der i visse kritiske funktioner er vitale for vindmøllens drift og dermed rentabilitet. Af samme årsag er en af de største drivere for implementering af blockchain-teknologien muligheden for at reducere nedbrud på vindmøllerne, foruden hurtigt at kunne afgøre ansvar og opsamle læring fra eventuelle nedbrud. I det nedenstående udfoldes to perspektiver på det at reducere omkostninger forbundet med nedbrud.

#### ***Backtracking – hurtig fejlfinding og afklaring af juridisk ansvar***

Når en defekt bolt identificeres, er det afgørende, at en backtracking-proces påbegyndes – hvilken type bolt er der tale om? Hvor er bolten produceret? Hvor længe har den siddet i vindmøllen? Hvornår er den sidst blevet serviceret? Formålet med denne backtracking er at skabe klarhed over de faktorer, der potentielt har ført til en fejl, som har resulteret i et nedbrud. Dette med henblik på at undgå, at lignende fejl opstår.

I dag er det muligt at identificere en bolt på batch-niveau gennem skriftlig information fra underleverandører – typisk opbevaret i ringbind eller i simple Excel-ark. Det betyder, at det dels er umuligt at identificere en specifik bolt, dels at det er en tidskrævende proces at identificere en bolt på batch-niveau. Konsekvensen er, at backtracking-processen bliver unuanceret, og at det ikke er muligt at isolere alle de nødvendige faktorer, som har resulteret i et nedbrud.

Yderligere et gunstigt aspekt ved at trække data ud af en blockchain og foretage intelligente analyser er muligheden for at reducere omkostninger forbundet med juridiske tovtrækkerier. Ved at trække verificeret data ud af blockchainen kan disse overlades til en dommer, der kan træffe en afgørelse. Dermed kan det interne resourcetræk reduceres i de respektive organisationer.

#### ***Forecasting – predictive maintenance på fælles datapulje***

Når en defekt bolt medfører et nedbrud på en vindmølle, går backtracking-processen som før beskrevet ovenfor i gang. Udover evnen til at identificere fejlen bidrager backtracking-processen til forecasting af yderligere nedbrud. Jo mere data en vindmølleproducent har om en bolt, jo mere præcist er det muligt at identificere de bolte, som potentielt også er eksponeret for fejl. I dag er konsekvensen af unuanceret data på bolte, at bolte, som potentielt ikke fejler noget, bliver serviceret eller udskiftet, hvilket er en omkostningstung procedure.

Blockchain muliggør således en mere proaktiv (frem for den nuværende reaktive) udskiftning af komponenter, således at man kommer nærmere en kvalitets sikring af turbiners opetid generelt frem for at måtte nøjes med kvalitetskontrol af de enkelte turbiner.

Muligheden for at kunne opsamle og opbevare større datamængder i en blockchain og derigennem foretage intelligente analyser af data i forbindelse med backtracking og forecasting vurderes således som et betydningsfuldt element ved blockchain, der kan reducere omkostninger forbundet med nedbrud betragteligt.



#### 4.1.4. Opdateret og fælles data

Fra en bolt produceres, til den monteres og efterfølgende serviceres, har den gennemgået flere processer og er måske blevet en del af en større samling af komponenter. Som i eksemplet med æblet, der skifter hænder mange gange undervejs, inden det ender i forbrugerens indkøbsvogn, foregår overdragelsen af bolte ofte på papir eller i simple digitale dokumenter, som sendes mellem aktørerne. Risikoen for fejl og forsinkelse af information øges derfor. Det er en udfordring i en branche, hvor der ofte er behov for at rykke hurtigt, og hvor sikkerhed er en altafgørende faktor.

I en blockchain har alle aktører koblet på blockchainen live-adgang til den nødvendige og korrekte data, som de er tildelt adgang til. En underleverandør, der eksempelvis producerer en del til en vindmølle, har således mulighed for at trække de nøjagtige data om vindmøllen fra blockchainen, inden produktionen går i gang, og er på den måde ikke afhængig af, at vindmølleproducenten fremsender den nødvendige og opdaterede data i tide.

Muligheden for, at alle involverede aktører kan udveksle data uden forsinkelser, vurderes således som en væsentlig driver i forhold til effektivisering og reduktion af fejl.

#### 4.1.5. Verificering af tests – større tillid til testprocesser øger kvalitet og reducerer omkostninger

I de tilfælde, hvor man har en manuel dokumentationsproces, beror test af emner samt kompetent servicering af emner på vindmøllerne på tillid til den enkelte testmedarbejder eller montør. Tillid til, at det, der dokumenteres, er et udtryk for virkeligheden. I globale værdikæder med udskiftning af leverandører kan der opstå risiko for, at dokumentationsmaterialet er ufuldstændigt. Eksempelvis kan emner have gennemgået flere tests, før de har bestået, uden at det fremgår.

I en blockchain samles alle data om test, certificering etc. og gøres tilgængelig for virksomheden, hvorfor al viden om produktion, test og certificering er transparent.

For virksomheden er det, at muligheden for snyd fjernes, således af afgørende betydning i forhold til at sikre kvalitet og reducere nedbrud.

#### 4.1.6. Fælles standarder for Decentralized Identifiers (DID) vil løfte branchen

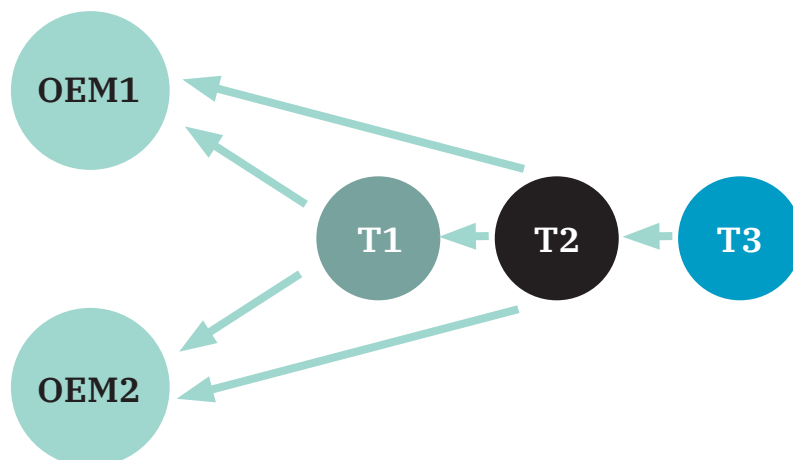
En vindmølleproducents værdikæde består af en lang række leverandører og underleverandører. I mange tilfælde leverer disse leverandører og underleverandører komponenter til mere end én vindmølleproducent, som illustreret på næste side.

Hver enkelt OEM (Original Equipment Manufacturer) arbejder ud fra en række standarder for de komponenter, som anvendes i konstruktionen af en vindmølle. Grundet forskellige standarder hos OEM'erne er der således også forskellige krav til leverandører og underleverandører i forhold til standarder og datagenomsigtighed. Grundet forskellige standarder og krav vil det være vanskeligt for leverandører og underleverandører at mærke deres komponenter med en DID, da disse vil være forskellige fra OEM til OEM.

En højere grad af transparens i værdikæden åbner for at standardisere komponenter og udvikle en fælles DID, der gør det muligt at etablere en blockchain, hvor alle aktører i værdikæden kan indgå. Yderligere vurderes en standardisering at kunne højne kvaliteten af de komponenter, som udvikles.

#### 4.1.7. Bæredygtighed – hvor ender møllerne, når de ikke er i brug? Dokumenteret genbrug, genanvendelse og bæredygtig bortskaffelse

For mange virksomheder er bæredygtighed et element, der får større og større fokus og med tiden indarbejdes i virksomhedens forretningsmodel. Det gælder også virksomheder i vindindustrien, hvor både ambitionerne og krav til dokumenteret bæredygtig adfærd er høje. I vindmølleindustrien er bæredygtighed et grundvilkår, idet vindenergi i sig selv taler ind i den bæredygtige dagsorden. Industrien oplever dog, at der bliver stillet stadig større krav til virksomhedens aktiviteter, der rækker udover selve produktionen af energi. Herunder indkøb, eget energiforbrug, transport og ikke mindst genanvendelighed af udtjente møller. Der stilles krav om dokumentation af,



**OEM; Original Equipment Manufacturer:** Virksomhed, der leverer færdige produkter til vindmølleparker såsom vindmøller (tårn, nacelle, vinger), fundamenter, transformestationer, kabler osv.

**Tier 1-leverandør:** Virksomheder, der er direkte leverandører til OEM'er ved at levere moduler, samlede systemer mv. og håndterer mindre leverandører mod OEM'er.

**Tier 2-leverandør:** Virksomheder, der er leverandører til Tier1-virksomheder ved at levere delkomponenter f.eks. dele til gearkasser.

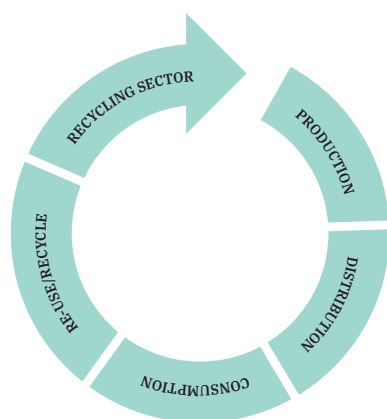
Kilde: [https://studypedia.au.dk/fileadmin/user\\_upload/Vejledning\\_Professionshøjskolen\\_metropol.pdf](https://studypedia.au.dk/fileadmin/user_upload/Vejledning_Professionshøjskolen_metropol.pdf)

hvorledes møllernes bestanddele finder genanvendelse, og det kan man ikke i tilstrækkelig grad i dag. I empirien beskrives bæredygtighed, og det at kunne dokumentere bæredygtighed, som afgørende for de valg, virksomheden træffer. Den transparens, som blockchain skaber i forhold til materialer og anvendelse, muliggør således en korrekt bortskaffelse af bolte og øvrige materialer, som gennem blockchainen kan dokumenteres og anvendes i virksomhedens bæredygtighedsregnskab.

De enkelte delkomponenter kan således følges via deres DID fra vugge til grav og til vugge igen. Dette ses som en væsentlig driver for implementeringen af blockchain-teknologi. Ikke mindst fordi Wind Power Customers (WPC'er) som eksempelvis Ørsted, Vattenfall, BP, Shell etc., i højere grad bliver en mere aktiv del af værdikæden. Dette både i forbindelse med konstruktion, service og vedligehold og decommissioning.

#### 4.1.8. Energiforbrug og Levelized Cost of Energy (LCOE)

I energisektoren er et af de vigtigste økonomiske perspektiver, der kigges på for produktionsteknologier, Levelized Cost of Energy/Electricity (LCOE), hvilket simpelt sagt er en måleenhed for, hvad gennemsnitsprisen er pr. energi-enhed i nutidskroner, beregnet over vindmøllens levetid. Et eksempel på en måleenhed er DKK/kWh. Dette perspektiv er værd at notere sig for denne usecase, eftersom det ultimativt set er det overordnede mål for vindindustrien at sænke LCOE så meget som muligt, da det vil betyde, at vindenergi bliver mere konkurrencedygtig over for andre energikilder som eksempelvis fossile brændstoffer.



INDUSTRIENS FOND



Grunden til, at denne usecase vil hjælpe med at sænke LCOE for vindenergi, skal findes i, at service af vindturbiner vil blive markant effektiviseret gennem den fælles database, som blockchain faciliterer. Ved at gøre service-processerne mere effektive, vil nede-tiden for vindturbinerne dermed mindskes, og den operationelle tid, hvor der kan produceres energi, øges, hvilket betyder, at turbinen gennem sin levetid vil producere mere strøm og sænke LCOE.

## 4.2. Barrierer for blockchain i vindindustrien

Ligesom branchen har klare drivere for at bevæge sig i retning af blockchain som teknologi til mere konkurrencedygtige enkeltorganisationer, værdikæder og økosystemer, så er der ligeledes klare principielle barrierer, der bør tages hånd om.

### 4.2.1. Usikkerhed om mulighederne med blockchain – vis os, det fungerer, og lav en businesscase

En af de største barrierer for vindmølleproducenters og leverandørers interesser i udvikling og implementering af blockchain-teknologi er manglende viden: om hvordan teknologien fungerer, dens anvendelsesmuligheder og implementeringen af den. Usikkerheden spænder således fra overordnede spørgsmål om anvendelsesmuligheder og potentialer til specifikke spørgsmål om, hvordan eksempelvis en bolt markeres med en unik DID, og hvilket udstyr det kræver at anvende teknologien.

En konsekvens af den manglende viden om teknologien er således, at synet på teknologiens anvendelsesmuligheder begrænser sig til det, som den enkelte ved. Der er derfor behov for en demonstration af blockchain-teknologien – hvordan fungerer det, hvad er mulighederne, og hvad kræver det af virksomheden? Med andre ord er der behov for både usecases og businesscases.

### 4.2.2. Er der altid fuld transparens? – nødvendig og sikker kontrol med adgang til data

Spørgsmålet om transparens af data er blevet stillet i mange sammenhænge og bliver ofte misforstået som en forudsætning ved anvendelse af blockchain-teknologi. Fuld transparens i forhold til data opleves

således set fra den enkelte virksomheds perspektiv som en fordel, når der er tale om, at virksomheden får adgang til underleverandørers eller konkurrenters data om materialer, produktion, tests etc. Det vurderes som værdiskabende og som afgørende i forsøget på at minimere risikoen for nedbrud, at det er muligt at analysere på et bredt datasæt. Udfordringen ved transparens set fra virksomhedernes synspunkt er, at data fra virksomheden ligeledes bliver synlig for underleverandørerne og øvrige samarbejdspartnere. Derved opstår bekymringen for, at fuld transparens i data giver samarbejdspartnere en konkurrencemæssig fordel eksemplificeret ved følgende udsagn.

*”Hvis vi lagrer [information] i en fælles blockchain, så er vi jo ikke interesseret i, at vores kunder kan se alt det, vi lægger op – og heller ikke i, at vores leverandører kan det. Vi vil ikke have fuld transparens, så spørgsmålet er, om blockchains overheadet kan bruges hos os.”*

Det er her vigtigt at være opmærksom på, at den enkeltes adgang til data er reguleret af nogle prædefinerede roller og tilhørende adgange til data. Selvom data deles i en fælles struktur, er data krypteret. Således er det kun aktører med den fornødne adgang, der har mulighed for at se på data. Dermed er transparens i data i højere grad en oplevet barriere, der ofte findes, inden virksomheden påbegynder anvendelsen af blockchain-teknologi, snarere end det er en reel teknologisk barriere for anvendelsen, da kontrollen med data og adgang hertil netop er en implicit funktionalitet.

### 4.2.3. Implementering af blockchain-teknologi – økonomi/investeringen

Det kræver en økonomisk investering at implementere blockchain i form af udvikling eller indkøb af teknologi. Alt afhængigt af hvor digital organisationen er, kan investeringen være af større eller mindre grad. Det opleves som en udfordring at forpligte sig til denne investering, så længe teknologien ikke direkte efterspørges, eller værdiskabelsen ikke er tydelig.

#### 4.2.4. Hosting af data og vedligehold – har vi kompetencerne, og vil vi bruge tiden?

Den datamængde, der indlejres i en blockchain, kræver hosting hos de enkelte partnere. Samtidig skal blockchainens smart contracts og datastruktur vedligeholdes. Det kræver tid, som en aktør skal indvillige i at anvende. Når det ikke er klart, hvem denne aktør er, eller hvad tidsforbruget er, bliver det en barriere for organisationernes interesse i at implementere blockchain-teknologi.

#### 4.2.5. Lokalt er ikke nok – det skal fungere i et globalt netværk

OEM'er opererer både nationalt og globalt. Også komponenter og materialer leveres fra hele verden. For at teknologien skaber den ønskede transparens og gennemsigtighed i data, er der således behov for et globalt netværk af aktører, der anvender teknologien.

#### 4.2.6. Tillid til leverandører – er det teknologibåren tillid eller kontrol?

Kontrakter udgør den juridiske og formelle lim, der binder værdikæder sammen og også håndterer tvister og ansvarsplacering. Ikke alt er dog beskrevet, ligesom det ej heller er praktisk muligt at beskrive alle tænkelige scenarier og konsekvenser heraf. Leverandører, samarbejdspartnere og kunders gentagne interaktion opbygger over tid niveauer af tillid. Individuelt båret af dyader af relationer, og akkumuleret knyttes de individuelle niveauer af tillid til hele organisationer i form af en samlet ekstern opfattelse af blandt andet ry og rygte.

Tillid kan derfor til tider få rollen som den smørelse, der reducerer transaktionsomkostningerne ved opståede kritiske hændelser og ved indgåelse af aftaler. Et middel, der kan øge hastigheden, hvormed aftaler indgås, og reducere visse dele af den administrative byrde knyttet hertil. Omvendt risikerer værdikæder også at blive mere rigide i forhold til muligheden for at udskifte samarbejdspartnere i situationer, hvor samarbejdet i en videre udstrækning baseres på tillidsfulde relationer end på eksplicite kontraktuelle forhold og gennemsigtighed. Tillid tager med andre ord lang tid at opbygge og kort tid at nedbryde, og tillid forudsætter en historik af udveksling af ydelser.

Det er altså omkostningsfyldt at udskifte en leverandør, der er tætte tillidsbånd til, med en ny leverandør. Samtidig er det også vanskeligt for eksterne partnere, som eksempelvis investorer, at kvalificere tillid. Med andre ord kan det være vanskeligt at opnå en merpris baseret på lang tids investering i opbygning af tillid og tætte samarbejdsrelationer. Her må man i stedet kapitalisere på investeringen gennem gentagne succesfulde leverancer og reducerede transaktionsomkostninger aktørerne imellem.

Blockchain tilbyder en teknologisk mulighed for, til en vis grad, at substituere den relationsbårne tillid med en teknologibåren tillid. Tætheden, hvormed en fælles blockchain er integreret i rækken af samarbejdspartners ERP-systemer, og dybden, hvormed den er forankret (as-built, smart contracts, montering, dokumentation, testdata etc.), afgør niveauet af tillid.

*”Det ville jo være et brud på tilliden at indføre blockchain-teknologi. Det svarer jo til, at jeg fortæller mine leverandører, at jeg ikke stoler på dem. Altså at de ikke har styr på deres produktion, eller at de prøver at snyde.”*

Eller sagt på en anden måde er argumentet for ikke at komplementere den relationsbårne tillid, at ”hvis du forsøger at kontrollere tilliden med teknologi og kvantificere den, forsvinder den, mens du finder målebåndet frem.” Hvor det modsatte argument vil være at overveje, i hvor høj grad vores opbyggede tillid samarbejdspartnerne imellem også slår igennem hos potentielle investorer.



# 5. Blockchain i vindindustrien – er vi parate?

Arbejdet i UnWind-projektet har indikeret ovenstående drivere og barrierer, og hvordan de påvirker en virksomheds parathed i forhold til implementering af blockchain-teknologi. Disse drivere og barrierer kan yderligere kategoriseres i en række tematikker, der beskriver drivernes og barrierernes karakter. Der er tale om følgende tematikker i forhold til virksomhedens parathed:

- Teknologisk parathed
- Organisatorisk parathed
- Værdikædens parathed
- Økosystemets parathed

I det følgende udfoldes ovenstående med henblik på at skabe bevidsthed om de elementer, der påvirker, hvorvidt en virksomhed er parat til at implementere blockchain-teknologien. Samtidig præsenteres en række refleksionsspørgsmål, der har til formål at styrke virksomheders bevidsthed om egen organisation og afklare udfordringer og potentialer i forhold til implementering af blockchain-teknologi.

Målet i det følgende er således at stille dig nogle få relevante spørgsmål, som vi har hørt fra branchen, og som kan bidrage til at afklare, om blockchain er noget, I som virksomhed, værdikæde og samlet økosystem bør give større fokus, eller om tiden måske endnu ikke er til det. Den endelige beslutning er nødvendigvis mere kompleks, men nedenstående refleksionsspørgsmål rummer nogle af de centrale elementer, der først bør tages stilling til og drøftes.

## 5.1. Teknologisk parathed

En virksomheds samlede parathed i forhold til implementering af blockchain afhænger i høj grad af virksomhedens teknologiske parathed. Mange virksomheder har i de seneste år haft fokus på digitalisering af processer og procedurer med henblik på effektivisering. For virksomheder, som i høj grad arbejder analogt, er det i sagens natur en større økonomisk og tidsmæssig investering at digitalisere processer og procedurer med henblik på at kunne implementere blockchain-teknologi, end i virksomheder, som i høj grad har digitaliseret og automatiseret



processer og procedurer. Yderligere er den teknologiske parathed påvirket af virksomhedens digitale infrastruktur. Har alle relevante enheder eksempelvis en internetforbindelse, som det er muligt at tilgå for at få adgang til blockchainen?

Virksomheder, der opbevarer data i ringbind, virksomheder, der samler data i Excel-ark og deler dem via mail, og virksomheder, der samler data i en intern database, som alle medarbejdere har adgang til, har således forskellige teknologiske udgangspunkter for implementering af blockchain-teknologi.

På trods af en høj digitaliseringsgrad kan den teknologiske parathed godt være lavere end forventet. En virksomheds teknologiske parathed er udover selve digitaliseringsgraden påvirket af, hvorvidt de digitale løsninger kan integreres med blockchain-teknologien.

Den teknologiske parathed er med andre ord påvirket af en virksomheds digitaliseringsgrad, digitale infrastruktur og evnen til at integrere blockchain-teknologien i virksomhedens eksisterende systemer.

### 5.1.1. Refleksionsspørgsmål

- Hvor digitale er vi i vores arbejdsprocesser, og hvor dygtige er vi til at dokumentere og håndtere data på en disciplineret og struktureret måde?
- Har vi den fornødne infrastruktur, og ved vi, hvad det kræver, når der skaleres globalt?
- Kan vores eksisterende systemer integreres med blockchain-teknologi?
- Har vi teknologiske indsatser, vi ikke er lykkedes med grundet manglende opbakning og commitment fra leverandører?
- Begrænser vores nuværende systemer os i at opnå vores visioner for, hvordan teknologi skal understøtte forretningen og integrationen af værdikæden? Og kan blockchain i denne sammenhæng være et muligt alternativ?

### 5.2. Organisatorisk parathed

Hvorvidt en virksomhed er parat til at implementere blockchain-teknologi, er i høj grad påvirket af virksomhedens organisatoriske parathed. Den organisatoriske parathed relaterer sig til de ressourcer, kompetencer og kvalifikationer, som skal igangsætte

og løfte implementeringen af blockchain-teknologien, samt de rammer og strukturer, som påvirker virksomhedens processer og procedurer.

Afgørende er, at implementeringen af blockchain er et strategisk fokus, hvor der ikke alene fokuseres på den teknologiske del, men på hele virksomhedens forretningsmodel. Blockchain-teknologien vil medføre en lang række forandringer i virksomheden, hvis dens fulde potentiale skal opnås – ikke kun hvad angår arbejdsgange og processer, men også i forhold til det værditilbud, som virksomheden leverer. Uden et strategisk fokus øges risikoen for, at teknologien bliver et afkoblet system, som trækker mange ressourcer uden at skabe en reel værdi.

For at kunne sikre et strategisk fokus er det nødvendigt med en ledelse, der ser mulighederne i teknologien. Den organisatoriske parathed er derfor afhængig af ledelsens evne til at se muligheder i teknologien i forhold til egen forretningsmodel – dette på trods af at der er tale om en teknologi og en række anvendelsesmuligheder, som stadig er under udvikling.

Implementeringen af en ny teknologi som blockchain kræver en række digitale kompetencer. Der er behov for kompetencer til dels at kunne implementere teknologien, dels til at drifte og vedligeholde den efter implementering. Det er således ikke nok, at en virksomhed køber ekstern hjælp i implementeringsfasen – der er også behov for medarbejdere med særlige kompetencer, når teknologien skal tages i anvendelse.

Mange virksomheder har været igennem utallige forandringsprocesser – også i forhold til digitalisering. Det stiller krav til medarbejderne om forandringsparathed, nye kompetencer og omlægning af arbejdsgange. Teknologiske forandringer kan ikke implementeres succesfuldt uden medarbejderne, og derfor er den organisatoriske parathed i høj grad påvirket af både ledelsens og medarbejdernes tro på, at digitalisering skaber værdi og giver mening for virksomheden, medarbejdere og kunder.

### 5.2.1. Refleksionsspørgsmål

- Er vi indstillet på, at blockchain-teknologi ikke alene kan implementeres med et teknologisk fokus, men kræver en strategisk beslutning på direktionniveau for at sikre tilstrækkelig implementeringskraft og udsyn til vores strategiske forretningsmodel?
- Kan vores ledelse se perspektiverne i blockchain-teknologi, og er den villig til at prioritere ressourcer til at opnå erfaringer hermed?
- Har vi kompetencerne til at drifte vores del af en blockchain-server og de tilhørende opgaver i forhold til at hente data fra DID's, eller kan vi rekvirere dem?
- Har vi gode erfaringer fra tidligere med implementering af nye teknologiparadigmer, der har krævet nytænkning af arbejdsprocesser?
- Tror vi på digitalisering version 3.0 med øget transparens og deling af visse datatyper?

### 5.3. Værdikædens parathed

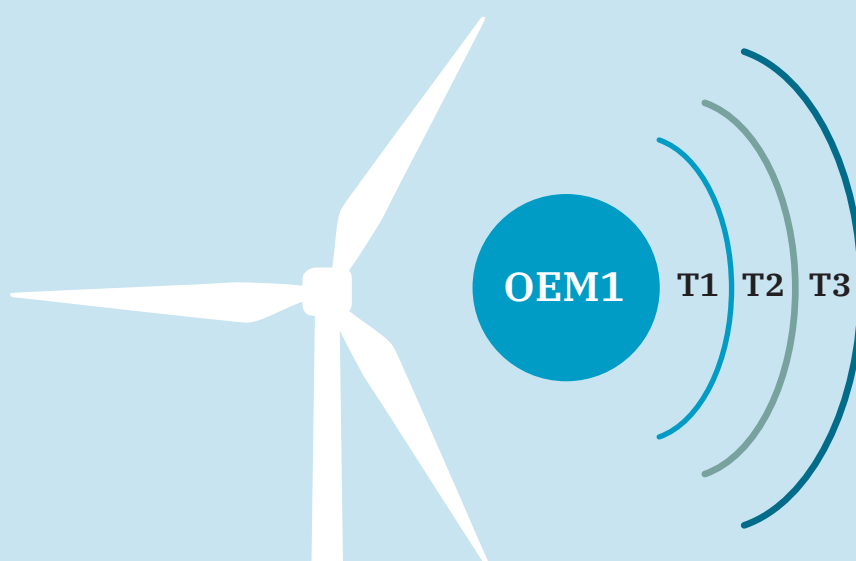
Når vi har forholdt os til virksomhedens teknologiske og organisatoriske parathed, er der et mindst lige så stort behov for at forholde sig til værdikædens samlede organisatoriske og teknologiske parathed, der er summen af alle aktører. Anvendelsen af

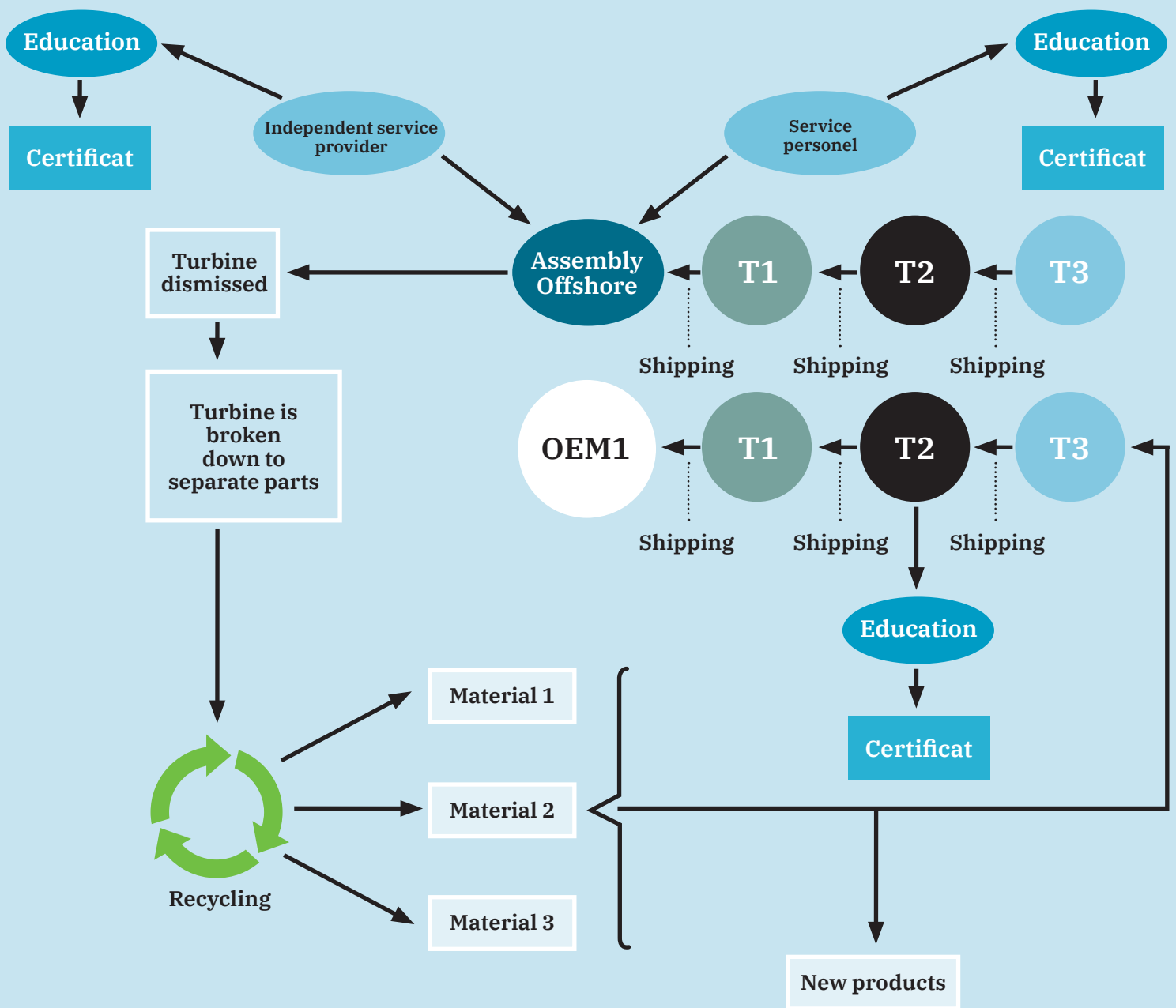
blockchain-teknologi i vindmølleindustrien kræver, at alle involverede parter anvender teknologien – både boltproducenten, logistikvirksomhederne, vindmølleproducenter etc. – således at de relevante data kan registreres.

De fleste værdikæder har gode data at basere deres transaktioner på. Disse data kan bevæge sig mellem kunder og leverandører. Hastigheden, hvormed disse data kan bevæge sig, afhænger ofte af, hvor manuel eller automatiseret datagenereringen og dataflowet er. Når man skal vurdere værdikædens parathed, giver det derfor god mening at overveje, om aktører i periferen af værdikæden har processer, der er langsommere og mere manuelle, end vi ønsker og har ambitioner om.

### 5.3.1. Refleksionsspørgsmål

- Opsamler vi digitale data?
- Opbevarer vi digitale data?
- Behandler vi data på en struktureret og ensartet måde på tværs af værdikæden?
- Indeholder blockchain-mulighederne potentielle værdiskabende elementer, der rækker udover, hvad vi kan forvente at kunne opnå med vores etablerede systemer, der understøtter værdikædens samarbejde?





Særligt det sidste spørgsmål er centralt, fordi brugen af blockchain kræver, at vi er operationelt modne i hele værdikæden. Behandler vi data på en struktureret måde – uden afvigelser? Afstemmer vi afvigelserne med hinanden? Hvis ikke, risikerer vi at bygge videre på falske grundlag. Det er her værd at overveje, hvordan indførelsen af blockchain kan bidrage til at skubbe på en bevægelse mod mere ensartet håndtering og anvendelse af data.

Når ovenstående er udfyldt for værdikæden, er næste skridt at besvare spørgsmålene om organisatorisk og teknologisk parathed for hver enkelt partner i det potentielle samarbejde.

#### 5.4. Økosystemets parathed

Der er ofte aktører i og omkring en værdikæde, som er kendetegnet ved, at der er en mindre grad af afhængighed aktørerne imellem, men at de fortsat er afgørende for, om en organisation, værdikæde eller en enkeltstående leverance lykkes.

Figuren på forrige side er et eksempel på et økosystem i og omkring en værdikæde i vindmøllebranchen

Med udgangspunkt i modellen kan du besvare nedenstående spørgsmål ud fra dit eget perspektiv på jeres organisation og omkringliggende økosystem. Modellen har således til hensigt at bidrage til nye perspektiver på jeres værdikæde og økosystem.

##### 5.4.1. Refleksionsspørgsmål

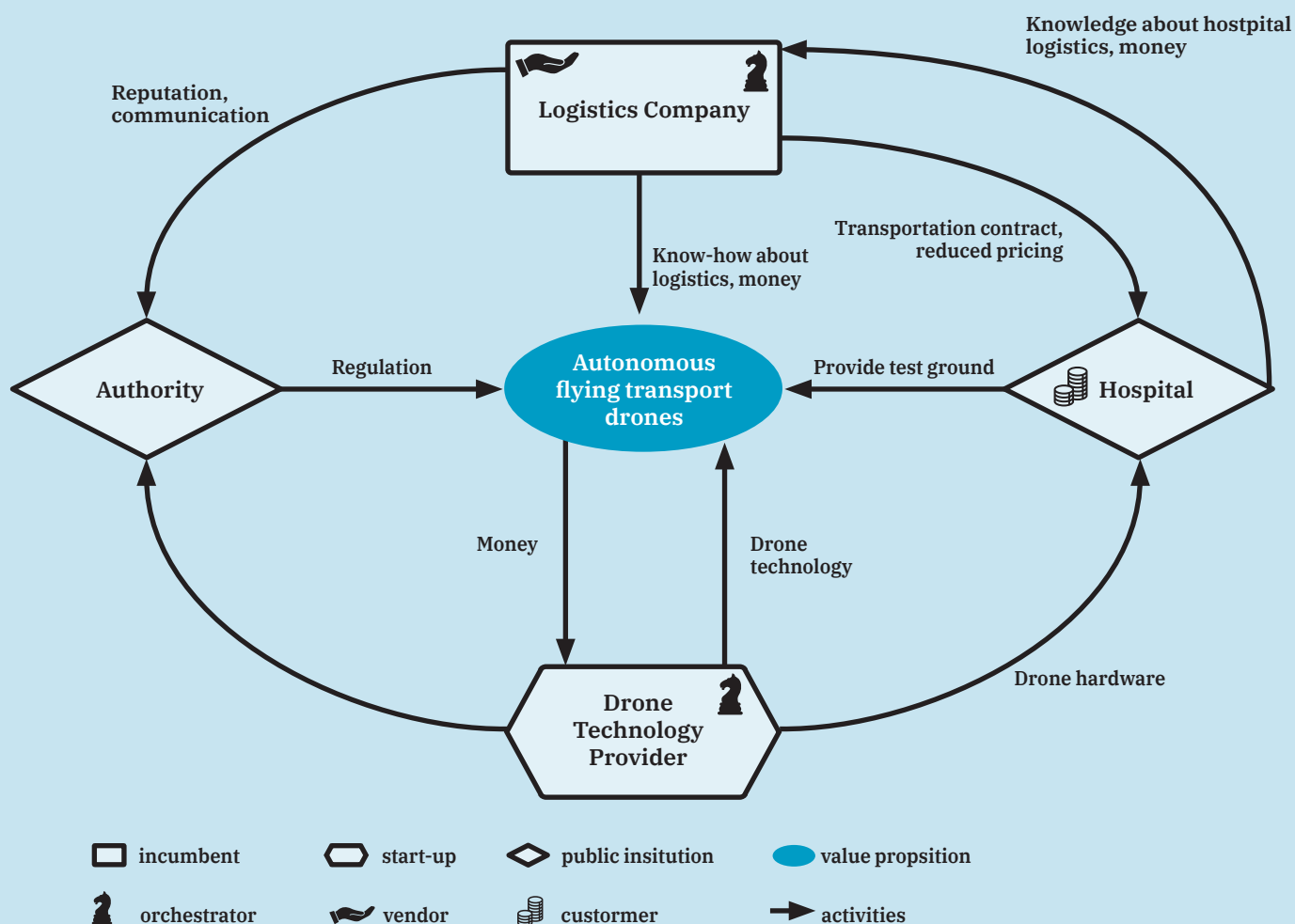
- Er der områder i vores økosystem, det vil være fordelagtigt at opnå større gennemsigtighed omkring? Det kunne for eksempel være:
  - Uddannelse af underleverandørers medarbejdere
  - Testsystemer, deres anvendelse og vedligehold
  - Servicemedarbejdere og montører og deres certificeringer
  - Dokumentation for materialer og genanvendelse i forbindelse med nedtagning af udtjente møller
- Er det muligt at indgå i en åben og udviklende dialog med centrale repræsentanter fra de enkelte aktører i økosystemet om mulighederne med blockchain?
- Er der en fordelagtig forretningsmodel for alle aktører ved indførelse af blockchain i økosystemet?

I forlængelse af ovenstående overvejelser om en eventuel igangsætning af et blockchain-initiativ bør det også overvejes, om det er nok at vurdere dette ud fra forventet rentabilitet i egen forretningsmodel. Der ses således traditionelt på, om den potentielle værdiskabelse internt i egen organisation står mål med den forventede ressourceindsats, der er påkrævet for at realisere potentialet med en given blockchain-indsats. Tilgangen er intuitivt den rette i forhold til de internt etablerede beslutnings- og evalueringsstrukturer i de etablerede strukturer i branchen. Omvendt risikerer større spillere i kraft af deres position og forhandlingsmagt at igangsætte blockchain- (eller andre) initiativer, der i et længere perspektiv ikke er baseret på en bæredygtig forretningsmodel for det samlede økosystem. Det vil ofte være muligt at engagere eksterne partnere i de tidligere faser, men uden en eksplicit vurdering af den enkelte aktørs forretningsmodel øges risikoen også for, at projekter ikke når i mål og dermed ikke bliver til implementerede, værdiskabende løsninger – for alle i økosystemet.

Dette er således ikke et spørgsmål om min eller din standard, men et spørgsmål om sammen at vælge en teknologi, der kan håndtere forskellighed og bidrage til bevægelsen fra virksomhed mod virksomhed til den nuværende værdikæde mod værdikæde – og til fremtidens konkurrence mellem økosystem og økosystem.

I et strukturelt perspektiv på økosystemer beslutter fokalorganisationen igangsætning af et udviklingsinitiativ på baggrund af rentabilitet af egen forretningsmodel, men samtidig med vægtning af rentable partner-forretningsmodeller med samme tyngde. Derved sikres et længerevarende commitment og en klarere forståelse af partnernes skiftende roller over projektets udviklingsperiode.

*”Hvis vi skal gøre det her [anvende blockchain-teknologi], skal vi gøre det sammen og tale åbent om, hvad vi hver især kan bidrage med og få ud af det.”*



(Lingens, Miehé & Gassmann, 2021)

The ecosystem blueprint: how firms shape the design of an ecosystem according to the surrounding conditions: Bernhard Lingens, Lucas Miehé, Oliver Gassmann; Long range planning: LRP; international journal of strategic management. - Oxford: Elsevier, ISSN 0024-6301, ZDB-ID 160984-1. - Vol. 54.2021, 2, p. 1-53

For at synliggøre og vurdere sammenhænge i partners forretningsmodeller og tydeliggøre de forskellige roller og udviklingen heri, kan man for eksempel benytte business model blueprints som værktøj og metode.

# 6.

## 6. Konklusion – potentialerne er betydelige

Hands-on-arbejdet med blockchain-teknologi inden for vindindustrien med udgangspunkt i den konkrete anvendelse af teknologien i usecasen har dokumenteret betydelige potentialer for teknologiens anvendelse i industrien og samtidig også en række udfordringer for realisering af potentialerne.

Blockchain-teknologien tilbyder sig som en mulig teknologi for forløsning af følgende potentialer:

- Grønnere industri
- Mere agile værdikæder
- Øgede oppetider
- Mere effektiv serviceplanlægning
- Faldende Levelized Cost of Energy

Udfordringerne mod en realisering af potentialerne er blandt andet:

- Værdikædeparathed – er alle aktører i værdikæden parate til at anvende teknologien?
- Teknologisk parathed
- Organisatorisk parathed

### Næste skridt

Der er stadig mange spørgsmål at besvare forud for en kommerciel anvendelse af blockchain-teknologi i vindindustrien. Næste skridt i arbejdet handler i høj grad om at løfte i flok og lade den bæredygtige dagsorden være en fælles løftestang for at komme fremad. Der er i branchen i dag i vid udstrækning et skarpt fokus på at øge gennemsigtigheden på komponenter og møllers samlede CO<sub>2</sub>-aftryk over hele levetiden. Allerede i dag genanvendes dele af eksempelvis udtjente turbiner. Men hvilke? I hvilken sammenhæng? Og med hvilken dokumentation og sikkerhed? Lignende spørgsmål kan man stille for tårne, vinger etc., og forventningen er at disse og lignende spørgsmål vil blive hyppigere og mere insisterende fremadrettet. Dette uanset om de kommer fra industrielle kunder, eksterne investorer eller private slutbrugere.

At skabe grundlaget for denne transparens er selv sagt ikke en opgave, der alene lader sig løse med én underleverandør eller OEM's indsats, men er noget, man som branche må beslutte sig for at prioritere og skubbe på i fællesskab. Hvor virksomheder i vindindustrien i mange sammenhænge kan udvikle sig individuelt, kræver næste skridt mod anvendelse af blockchain-teknologi, at branchen udvikler sig i takt. Den fremtidige konkurrence handler ikke om virksomhed mod virksomhed, men snarere om branche mod branche, og her er der tegn på, at blockchain-teknologi kan bidrage og blive et vigtigt redskab, når det handler om at imødekomme fremtidens behov i markedet.



INDUSTRIENS FOND