

HOVEDRAPPORT

Digitalisering i prosessindustrien 2025



Forord

Prosess21 skal gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan oppnå minimale utslipp fra prosessindustrien innen 2050, samtidig som det legges til rette for bærekraftig omstilling, vekst og verdiskaping. Prosessindustrien er en del av regjeringens satsing - Grønt Industriløft. I februar 2024 fikk Prosess21 et nytt mandat og en ny styringsgruppe fra Nærings- og fiskeridepartementet og Klima- og miljødepartementet.

Prosess21 har etablert ulike ekspertgrupper på områder av strategisk betydning for prosessindustrien i Norge. Denne rapporten omhandler digitalisering i prosessindustrien. Rapportens hensikt er å beskrive hvordan ny teknologi og økt tilgang til data, kombinert med nye arbeidsprosesser, kan bidra til økt verdiskaping, omstilling og reduserte klimagassutslipp fra prosessindustrien.

Da Prosess21 publiserte sin hovedrapport i 2021, var den basert på arbeidet til ulike ekspertgrupper, inkludert digitalisering. Rapporten om digitalisering ble imidlertid aldri publisert. I 2024 besluttet den nyetablerte styringsgruppen for Prosess21 å gjenoppta og oppdatere kunnskapsgrunnlaget.

Arbeidet ble igangsatt høsten 2024 med en ny ekspertgruppe, bestående av medlemmer fra DigiPro Centre og eksterne nøkkelpersoner oppnevnt av Proses21 styringsgruppe. DigiPro er et nasjonalt senter med fokus på digitalisering i prosessindustrien og "twin transition". Mer enn 40 deltakere fra 23 medlemsbedrifter har bidratt til å fornye, oppdatere og fullføre denne rapporten under ledelse av senterets leder (se vedlegg 1 med oversikt over deltakere). Blant bidragsyterne er ansatt innen prosessindustrien, institutter, universiteter, teknologibedrifter og virkemiddelapparatet.

Takk til alle deltagerne i ekspertgruppene for gode bidrag og godt samarbeid!

André Larsen

Leder av ekspertgruppen og DigiPro Centre

KI er i denne rapporten benyttet til sammendrag og minimalisering av tekst med kvalitetssikring utført av Ekspertgruppen.

Innhold

Forord	2
Innhold	3
Forkortelser	4
Anbefalinger	5
Innledning	8
Nyttige erfaringer ved innføring av digital teknologi	9
Digital modenhet	9
Digital omstilling i EU	11
Kritisk behov for digitalisering i Europa – budskap fra EU-kommisjonen	11
Regulatorisk utvikling i EU	11
EUs Konkurranseskompass	12
Europeiske digitale virkemidler	13
Status for digitalisering i prosessindustrien	15
Verdiskapingspotensial av digitalisering	15
Effektivisering av produksjon	16
Markedsføring, salg og produkt-/tjenesteutvikling	18
Reduksjon av klimagasser	20
Kompetanse og organisasjonsutvikling	22
Digitalisering i fokus fram mot 2030	23
Standardisering	24
Digitalisering i et verdikjedeperspektiv	26
Elementer i digitaliseringsprosessen	28
Eksempler på norske industrielle fyrtårn-prosjekt	30
Nasjonale og internasjonale perspektiver	31
Startskuddet har gått for den digitale industrielle reisen	32
Teknologi for Digital Transformasjon	33
IoT og avansert sensorikk	33
Digitale tvillinger	33
Asset Administration Shells (AAS)	34
Industriell kunstig intelligens	34
Dataplattformer	35
IT/OT (informasjonsteknologi / operasjonell teknologi)	38
DataOps	38
Robotikk	39
Digitale produktpass	40
Industri 5.0 og prosessindustrien	41
Risiko som følge av digitalisering i prosessindustrien	42
Menneskelige faktorer	43
Organisatoriske faktorer	43
Tekniske faktorer	45
Kompetansebehov ved økt digitalisering	48
Kompetansestrategi	50
Smidighet	51
Prosess	51
Kultur	51
Fagmiljøer som kan bidra til digitalisering av norsk prosessindustri	53
Virkemiddelapparatet	55
Digitalisering i prosessindustrien – overordnede betraktninger	55
Den industrielle utviklingsreisen	55
Treffer virkemidlene målbildet?	58
Avsluttende refleksjoner	59
Referanser	60
Vedlegg 1 – Deltagere i ekspertgruppen	63
Vedlegg 2 – Kartlegging av prosessindustriens prioriteringer innen digitalisering	64
Vedlegg 3 – Beskrivelse av aktører og verktøy i virkemiddelapparatet	68
Vedlegg 4 – Målbilder for digitaliseringsprosjekter	77
Vedlegg 5 – Ekspertgruppens mandat	79

Forkortelser

AAS	Asset Administration Shell	SFI	Senter for Forskningsdrevet Innovasjon
API	Application Programming Interface	SMB	Små og mellomstore bedrifter
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism	TEF	Test and Experimentation Facilities
CCS	Carbon Capture and Storage	TI	Teknologisk Infrastruktur
CRI	Commercial Readiness Index	TRL	Technology Readiness Leve
CSR	Corporate Social Responsibility		
DPP	Digital Product Passport		
DT	Digital Transformation		
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization		
EC	European Commission		
EDIH	European Digital Innovation Hubs		
EEA	European Environment Agency		
EIC	European Innovation Council		
EIE	European Innovation Ecosystems		
EIT	European Institute of Innovation and Technology		
ESPR	Eco-design for Sustainable Products Regulation		
EU	European Union		
FME	Forskningssentre for Miljøvennlig Energi		
FoU	Forskning og Utvikling		
GDPR	General Data Protection Regulation		
IoT	Internet-of-Things		
IPN	Innovasjonsprosjekt i Næringslivet		
IT	Information Technology		
KI	Kunstig Intelligens		
KPI	Key Performance Indicator		
KS	Kompetanse- og Samarbeidsprosjekter		
LLM	Large Language Model		
ML	Maskinlæring		
MPC	Model Predictive Control		
MRI	Manufacturing Readiness Index		
MTNC	Manufacturing Technology Norwegian Catapult Centre		
MPT	Modular Type Package		
OPC	Open Platform Communications		
OT	Operational Technology		
PID	Proporsjonal, Integrasjon, Derivasjon		
PBC	Packaged Business Capabilities		
PLC	Programmable Logical Controller		

Anbefalinger

Norsk prosessindustri driver en virksomhet av stor nasjonal viktighet og samfunnsmessig betydning. Prosessindustrien bidrar med betydelige eksportinntekter og er viktig for finansiering av det norske velferdssamfunnet. Næringen har særlig betydning for sysselsetting og øvrig næringsutvikling i distriktene. Samtidig står industrien for en stor andel av de norske CO₂ utslippene som må reduseres fram mot 2030 og 2050.

Prosessindustrien må i stor grad selv ta ansvaret for utviklingen og ta de nødvendige grep for å sikre fortsatt vekst og lønnsomhet innenfor rammen av strengere miljø- og utslippskrav. Dette inkluderer å utnytte de mulighetene som ligger i digitalisering og bruk av digitale verktøy. Men på grunn av industriens store nasjonaløkonomiske betydning så bør utforming av strategier og aktuelle tiltak skje i samspill med myndigheter og det offentlige virkemiddelapparatet.

Norsk prosessindustri må ikke bare fokusere på hvordan data kan brukes til å optimalisere operasjoner, men også på hvordan digitalisering vil transformere måten de driver forretning på. De foreslåtte anbefalingene nedenfor er kortfattet formulert uten utdypende beskrivelser. Overordnet trekker ekspertgruppen frem følgende hovedpunkter som er relevante for å oppnå videre effekt av fremtidig digitaliseringsarbeid:

Utvikle kompetanse (kulturbygging): Svært mange av aktørene i prosessindustrien har gjennom mange år investert i teknologier, styringssystemer, plattformløsning, digitalisering, osv. Innsatsen nå bør rettes mot å utvikle kompetanse som kan absorbere og adoptere alle teknologiene og sette den i produktivt arbeid. Teknologi er globalt tilgjengelig for alle. Det betyr at teknologi i seg selv gir et kortvarig konkurransefortrinn. Teknologiutvikling må med andre ord, om ikke i større grad, følges opp med kompetanse og organisatorisk utvikling.

Skape horisontal flyt: I enhver virksomhet er de(n) verdiskapende aktiviteter og prosesser horisontale. Det fordrer også at den digitale flyten, dataene, må følge det horisontale samspillet mellom avdelinger, funksjoner og prosesser. Hensikten er å kunne gi ytterligere kraft til verdiskapingen. Den horisontale flyten vil også involvere leverandørene. Effektiv samhandling i flyten krever standarder for å utløse det produktive potensialet.

Tette innovasjonsgapet: Prosessindustrien må fortsette sin teknologiutvikling. Det er fortsatt mye ugjort innen digitalisering og den digitale transformasjonen. Potensialet som eksempelvis ligger i bruk av sensorer, algoritmer, maskinlæring eller kunstig intelligens er stort. Både med hensyn til økt konkurransekraft, effektivisering, ressursutnyttelse og redusert fotavtrykk. De beste til å iverksette nye innovasjoner er de som også er dyktige på systematisk og kontinuerlig forbedringsarbeid.

Anbefalingene er i hovedsak rettet mot industrien selv, men danner også grunnlag for hvordan norske myndigheter og virkemiddelaktører kan bidra til å bygge relevant rammeverk for den videre utvikling av prosessindustrien.

Integrer digitalisering med den overordnede virksomhetsstrategien

- Betrakt digitalisering som sentral i den overordnede forretningsstrategi, og forankre initiativer som realiseres i overordnede mål. Sett konkrete ambisjonsnivåer for nye verdier, økt lønnsomhet og reduserte utslipp, og bruk måleparametere og benchmarks for å følge fremdriften.
- Digital transformasjon kan endre *hele* forretningsvirksomheten. Vær forberedt på endring av arbeidsform og arbeidsprosesser, roller og arbeidsoppgaver. Nye roller som er direkte relatert til Digital Transformasjon (DT) må defineres og støttes.
- Engasjer hele organisasjonen i det kontinuerlige forbedringsarbeidet.

Tenk digitalisering for hele virksomheten

- Lag en plan for hele virksomheten på tvers av funksjoner, enheter og geografi.
- Prioriter prosjektene med de tydeligste effektene på økonomi og bærekraft
- Mål verdiuttak til de nye løsningene og bruk det som basis for målrettet opplæring og endringsstyring.
- Legg til rette for skalering av løsninger fra dag en, og vær bevisst ulike organisasjonsmessige, kulturelle og tekniske hindringer og muligheter.

Prioriter vekst og verdiskaping

- Betrakt digitalisering som en mulighet for ny verdiskaping og økt lønnsomhet ved forbedret markedsføring og salgsprosesser, mersalg og digital tjenesteinnovasjon.
- Tenk smart produksjon, effektivisering og avansert analyse av produkt og kundedata - for tettere kobling mellom produksjon, leverandører og marked.
- Dokumenter verdien av de digitale initiativene for å inspirere andre deler av organisasjonen og spor effekt av initiativene det investeres i.

Styrk den digitale kompetansen i hele virksomheten

- Lag en plan for kompetanseutvikling og etterutdanning av de ansatte på alle nivå – fra toppledelse til fagarbeidere og operatører inkludert doble fagbrev.
- Invester i IT-talenter og ansett eksperter innen "data science, data management og IT-sikkerhet", men vær oppmerksom på at prosesskunnskap også må bygges hos disse talentene.
- Bygg tverrfaglige team som kombinerer prosesskompetanse, digital kompetanse, metodekompetanse og andre fagområder avgjørende for å identifisere muligheter og utvikle effektive, helhetlige løsninger.
- Forbered virksomheten på en heldigital produksjon ved å utnytte digital teknologi for å lære opp de ansatte i avvikssituasjoner
- Vær engasjert i fagutdanningen, kompetansebygging og forskning som foregår i skole, universiteter og høyskoler samt forskningsinstituttene.

Få kontroll på dataene og gjør datadeling og kunstig intelligens til et konkurransefortrinn

- Invester i et robust og strukturert dataforvaltningssystem, dataplattform og IoT-plattform basert på en felles datamodell eller ulike enheter som er digitalt koblet sammen.
- Sikre eierskap til egne data og vektlegg åpenhet og tenk datadeling for å skape digitale økosystemer, internt og eksternt.
- Ta i bruk KI og digitale teknologier for bedre styring, overvåking og kontroll av produksjonsutstyr og anlegg.

Tenk samarbeid over hele linjen

- Se på teknologileverandører som samarbeidspartnere. Skap allianser og partnerskap med ledende norske og internasjonale aktører innen digitalisering og digitale teknologier.
- Tenk økosystemer og vurder verdinettverk i tillegg til verdikjeder for hvordan verdier skapes av virksomheten.
- Inngå tettere samarbeid med myndigheter, forskningsmiljøer og akademia om utdanning, fag og FoU.
- Start tidlig med avklaringer rundt IPR med dine samarbeidspartnere for å sikre et godt samarbeid.

Ta risikofaktorene på alvor - vær i forkant og vær forberedt

- Innfør risikostyring ved gjennomføring av alle digitaliseringsprosjekter.
- Bruk det digitale veikartet for Cybersikkerhet utarbeidet av Norsk industri.
- Ha som ambisjon at alle digitaliseringsinitiativ skal ha en positiv HMS effekt.

Ta initiativ til en FOU-satsing på digital transformasjon og grønn omstilling

- Prioriter forskningstema som utnytter nasjonale fortrinn og muligheter, fjerner barrierer og med et stort gevinstpotensial.
- Prioriter ambisiøse samarbeidsprosjekter med transformative effekter på produksjon og marked.
- Søk utløsende støtte til risikoavlastning der det er behov både nasjonalt og internasjonalt.

Støtt overnasjonale reguleringsinitiativer for digitalisering

- Bidra til harmonisering, forutsigbarhet og konkurransekraft ved å støtte europeiske reguleringsinitiativer som GDPR, EUs AI act og NIS2

- Bidra til tettere samarbeid mellom myndigheter, interesseorganisasjoner, industriaktører og leverandører om forståelse og etterlevelse av slike regelverk.

Videreutvikle incentivordninger for digitalisering

- ... som stimulerer til investering i ny digital infrastruktur, utskifting av gammelt utstyr og digitalisering av gamle anlegg.
- ... for videreføring og konvertering av pilotprosjekter til kommersielle løsninger med eksportpotensial.
- ... som motiverer bedrifter til å investere i mer strategiske og målrettede satsinger.

Et mer tydelig og helhetlig virkemiddelapparat

- Tettere integrasjon mellom de ulike virkemiddelaktørene for å styrke virkemidlenes mulighet til å treffe hele verdikjeder og hele utviklingsløp fra tidlig FoU til implementering.
- Etabler økt tydelighet og helhetlige industrielle rammeverk for hvordan vekslinger mellom virkemidlenes ulike instrumenter og ordninger kan bidra til å lukke de fasene i industriens ulike utviklingsløp.

Samarbeid om standardisering og beste praksis

- Prosessindustrien er tjent med å samarbeide om beste praksis og standardisering på områder som verdikjedeintegrasjon og digital kommunikasjon.
- Etabler et bredt nasjonalt initiativ for standardisering på disse områdene, med bidrag fra prosessindustrien, sentrale produkt- og tjenesteleverandører, og forskningsmiljøene.
- Offentlige myndigheter bør støtte dette arbeidet via virkemiddelapparatet.

Innledning

Prosess21 skal gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050, og samtidig legge til rette for bærekraftig omstilling, vekst og verdiskaping. Prosessindustrien^a inngår i regjeringens satsing - Grønt Industriløft¹. Denne industrien må forbli kostnadseffektiv til tross for økende og volatile energipriser og økende handelskonflikter. Produktene er ofte kategorisert som kritiske råvarer og produktene skal leveres med redusert miljøavtrykk². Prosess21 ble igangsatt av Solberg-regjeringen i 2018 og fikk nytt mandat og styringsgruppe fra Nærings- og fiskeridepartementet og Klima- og miljødepartementet i februar 2024.³

Prosessindustrien har stått ovenfor en vedvarende og økende global konkurranse. Den gjenværende industrien er kjennetegnet ved å være energiintensiv, har stor eksportandel mot Europa og med konkurrenter i Asia, Oseania og Sør-Amerika. I hele Europa har strømprisene økt, og i Norge er ny kraftutbygging stoppet opp. Totalt sett utfordrer dette industriens konkurranseevne, og blir en barriere for den grønne omstillingen. De siste 30 årene har prosessindustrien i Norge gjort betydelige teknologiinvesteringer for å redusere produksjonskostnader og miljøutslipp. Disse investeringene har vært drevet av økt konkurranse fra lavkostland og stadig strengere globale og nasjonale miljøkrav. Mange av investeringene har fokusert på utvikling og implementering av ulike former for smart teknologi (Industri 4.0) og ytterligere utvikling av prosessteknologi. Norge er et land med høy teknologiaksept og er blant de beste i Europa på modenhetsindekser for digitalisering, dette gir et solid grunnlag for å hente større gevinster fra nye digitale teknologier. Likevel, sammenlignet med våre nærmeste naboer, er norske bedrifter dårligst i Norden på å ta i bruk nye teknologiske løsninger⁴, og vi mangler avgjørende kompetanse innenfor automatisering og digital omstilling.

På oppdrag fra Prosess21 har representanter fra industriselskapene, tjeneste- og produktleverandører, institutter, akademia og virkemiddelapparat laget denne rapporten om hvordan ny digital teknologi, økt tilgang til data, styrket kompetanse og nye arbeidsprosesser kan øke verdiskapingen, redusere utslippene og styrke konkurransekraften til norsk prosessindustri. I rapporten pekes det på en rekke utfordringer, muligheter og anbefalinger som rettes både mot industrien selv, kompetansemiljøer i Norge samt våre myndigheter.

For å lykkes med både det grønne skiftet og økt eksportandel, må konkurransekraften i eksisterende og nye verdikjeder styrkes gjennom utvikling og bruk av nye teknologier. Det krever imidlertid mer enn investeringer i teknologi, det stiller også krav til at industrien øker egen evne til innovasjon og kontinuerlig forbedring av både produkter og prosesser. Fra tidligere studier⁵ vet vi at norsk industri har ulike fortrinn ved gjennomføring av store omstillinger. Flat organisasjonsstruktur, driftsnær ledelse, høy grad av involvering og tillit mellom partene i arbeidslivet er noen eksempler på slike fortrinn. Siden samarbeidsforsøkene på 70-tallet har trepartssamarbeidet vært et fundament for utvikling av en konkurransedyktig industri som har evnet å tilpasse seg skiftende forutsetninger og rammevilkår. Den norske modellen har vist seg å være robust, og er et godt grunnlag å bygge videre på.

Myndighetens rolle i å støtte virksomhetenes behov har vært viktig for fremveksten av bærekraftige næringer og industrielle satsninger. Utdanning på alle nivåer har bidratt til et avgjørende rekrutteringsgrunnlag for industrien. Videre er det norske virkemiddelapparatet godt utformet når det kommer til å støtte tidligfase FoU og tidligfase pilotering av ny teknologi. Fremover må både utdanningssektoren og virkemiddelapparatet være forberedt på endrede behov. Nyutdannede kandidater møter stadig mer komplekse utfordringer, når domenekunnskap og digitalisering møtes. Videre vil virkemiddelaktørene også trenge mandat og mulighet til å støtte implementering og skalering av klimateknologi som skal valideres i industriell skala.

Norsk prosessindustri har over tid bygd opp omfattende kompetanse i nært samspill med forskningsmiljøer, utdanningsinstitusjoner og leverandører. Samtidig har en betydelig bruk av underleverandører bidratt til å skape en kompetent og konkurransedyktig leverandørindustri. Løst sammenkoblede nettverk av kompetansemiljøer er avgjørende for industriens fremtidige evne til innovasjon og utvikling. Verdien av slike «økosystemer» ligger i

^a Prosessindustrien omfatter virksomheter som produserer varer gjennom kjemiske eller fysiske omformingsprosesser, for eksempel metaller, mineraler, kunstgjødsel, papir, plast og kjemikalier. Produktene fra prosessindustrien spiller en viktig rolle i det grønne skiftet, da de kan bidra til å redusere utslipp og øke ressurseffektiviteten i andre sektorer. Metaller brukes blant annet i vindturbiner, solcellepaneler, elektriske motorer og batterier, som er nødvendige for å fremme fornybar energi og elektrifisering. Mineraler brukes til å produsere byggematerialer som sement, betong, glass og keramikk, som kan gjøres mer klimavennlige ved å redusere energibruken og øke bruken av resirkulerte materialer. Mineralgjødsel er en viktig innsatsfaktor for landbruket, som kan bidra til å øke matproduksjonen og mat-sikkerheten på en bærekraftig måte. Kjemikalier brukes til å lage en rekke produkter og materialer, for eksempel medisiner, maling, lim, rengjøringsmidler, tekstiler og legemidler, og kan gjøres mer miljøvennlige ved å bruke fornybare råvarer, redusere farlige stoffer og øke gjenbruk. I Norge har man ofte likestilt prosessindustrien med den kraftintensive industrien.

virksomhetenes evne til å identifisere og utnytte relevante løsninger som allerede er utviklet og kombinere dem med interne ressurser. Industriens mulighet til å innføre og skalere løsninger gjennom økosystemer krever kompetanse og modenhet til å anvende nye digitale løsninger i eksisterende prosesser.

Konkurransen om kompetent arbeidskraft er økende. Tilgang til fagkompetanse vil fremover være avgjørende for industriens evne til både å utnytte og utvikle teknologi som innsatsfaktor for innovasjon og operasjonell forbedring. For å tiltrekke seg kompetente medarbeidere er det nødvendig at prosessindustribedriftene utvikler attraktive arbeidsplasser med gode vilkår for utvikling og læring. Digital transformasjon lykkes bare når den grunnleggende fagkompetanse er til stede, sammen med evne til å jobbe med teknologi, data, prosesser og organisering. Dette muliggjør bruk av digitale løsninger i både små inkrementelle og store innovative forbedringer.

I en tid med digital transformasjon vil ulike næringer og selskaper oppfatte og utnytte de mulighetene som digitale teknologier gir på forskjellige måter. Noen vil anvende banebrytende teknologier for å levere produkter, varer eller tjenester på helt nye måter, mens andre vil fokusere på å videreutvikle og optimalisere eksisterende prosesser. Denne rapporten gir en oversikt over hva som kreves for å lykkes med begge tilnærmingene.

Hva er Digital Transformasjon?

Digital transformasjon er en strategisk prosess der organisasjoner utnytter digitale teknologier for å forbedre sine produkter, tjenester og interne operasjoner. Den innebærer å endre forretningsmodeller, kulturer og kundeopplevelser for å være mer konkurransedyktige i en digital tidsalder. Kjernen i transformasjonen er innovasjon og effektivisering gjennom bruk av data, skybaserte løsninger, automatisering og kunstig intelligens. Dette krever en helhetlig tilnærming, der både teknologi, mennesker og prosesser tilpasses for å oppnå varig verdi og vekst.

Nyttige erfaringer ved innføring av digital teknologi

I fremtiden er det spesielt tre viktige erfaringer man må bygge videre på:

Systemer som muliggjør sømløs datautveksling: Erfaringer viser at prosjekter som innebærer bruk av ny digital teknologi ofte lider av mangel på budsjettmidler til effektiv integrering i eksisterende organisasjon og infrastruktur. Avkastningen på investeringen kan ofte bli forsinket fordi bedriften ikke har systemer basert på OPC (Open Platform Communications), som muliggjør sikker og effektiv datautveksling mellom ulike enheter og systemer fra forskjellige leverandører. Dette er essensielt for å oppnå sømløst kommunikasjonsflyt i industrielle miljøer. Den norske konteksten skiller seg ofte fra den internasjonale, blant annet på grunn av et sterkt eierskapskonsept i prosjekter. Dette kan også bidra til å bremse fremdriften i prosjektene. Bransjeforskjeller og fabrikkspesifikke forhold må hensyntas. Dette krever noen ganger skreddersydde løsninger for kommunikasjon og datalagring.

Digital omstilling krever involvering og forankring i hele organisasjonen: Dette gjelder flere områder i organisasjonen, som i kommunikasjonen mellom eksterne forskere og FoU-avdelingen, mellom ledelsen og prosjektorganisasjonen, og mellom prosjektorganisasjonen og driftsoperatørene. Involvering og forankring er ofte mangelfull i prosjekter som ikke oppnår forventet effekt. Det settes av for lite tid i slutfasen av prosjekter, og organisasjonen skifter raskt fokus til neste prosjekt. Dette er spesielt problematisk hvis prosjektet ikke følges opp av bedriftens ledelse med klare forventninger om resultater og prosessforbedringer, og dersom sluttbrukerne ikke involveres tilstrekkelig. Dette gapet kan være en flaskehals for fremtidig utvikling i industrien.

Mangel på standarder: Selskaper innen luftfart, bilindustri, helsevesen samt olje og gass følger strenge prosedyrer og standarder. Slike krav er imidlertid mindre utbredt i prosessindustrien. En av de største utfordringene for integrasjon er datasikkerhet, spesielt når programvareløsninger skal implementeres i anleggenes kontrollsystemer. Et annet område gjelder bruk av sensorer, som det ofte er stor tillit og forventninger til når det gjelder nøyaktighet og presentasjon i krevende miljøer. Redundans, drift og nøyaktighet bør gis mer oppmerksomhet. Her er det mye erfaring å hente fra andre bransjer. Dette blir mer utdypet i rapportens avsnitt om «Standardisering» samt kapitlet om «Risiko som følge av digitalisering i prosessindustrien».

Digital modenhet

Industrien i Norge er mangfoldig, og det er store variasjoner i digital modenhet, både mellom de store industribedriftene, mellom store og små bedrifter, samt blant ulike underleverandører. For å lykkes med å skape

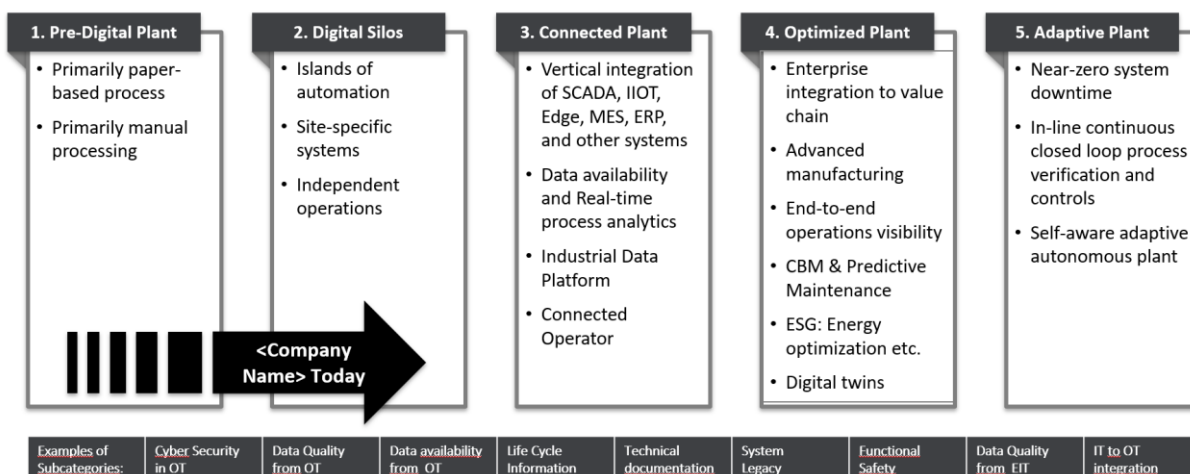
verdi av digitaliseringen er det viktig å ha et realistisk bilde av hvor moden bedriften er innen tre hovedkategorier: teknologi (T), prosesser (P) og mennesker (M). Industribedrifter kan ha store forventninger til effekter av digitalisering, men for å oppnå disse må det eksistere en plan for helhetlig modning av P-T-M. Erfaringer viser:

- **Teknologi:** Det er ofte et gap mellom operasjonell teknologi (OT) og informasjonsteknologi (IT). Tilgjengeligheten og kvaliteten på data, samt cybersikkerhet, viser seg ofte å være dårligere enn forventet når gode forretningsmuligheter skal realiseres.
- **Prossesser:** Prosesser, arbeidsflyt og metoder er ofte utdaterte, tunge å forholde seg til og lite tilgjengelige for å støtte arbeidet til den enkelte.
- **Mennesker:** Endringer handler i stor grad om å engasjere mennesker og endre arbeidsmetoder og tankesett. Teknisk gode prosjekter mislykkes ofte fordi man ikke har klart å engasjere de menneskene som blir berørt av endringene.

En anbefalt teknisk modenhetsmodell for en industribedrift kan se slik ut:

Industry Plant Digitization Maturity Model

Strategies for Smart Factory Governance, People & Change management, Cyber Security and data Governance is key success factors moving towards right



Figur 1 Industry Plant Digitalization Maturity Mode – En modell for teknisk digital modenhet (ref. Deloitte Smart Factory presentation)

For å lykkes med digitalisering trenger man mer enn teknisk modenhet. Det kreves forretningsdrevne strategier som setter selskapet i stand til å bevege seg i riktig retning og i høyt nok tempo for å møte fremtidens utfordringer. Med økende usikkerhet og endringstakt, må strategier være dynamiske og kunne endres og iverksettes raskt. Dette kan for eksempel innebære nye samarbeidsmodeller, da få, om noen, klarer å gjøre alt selv med tilstrekkelig tempo og kostnadseffektivitet.

Selv om mange industribedrifter har investert betydelig i teknologi for å automatisere hele eller deler av produksjonen, er det fortsatt stor variasjon både mellom selskapene, internt mellom fabrikkene i et selskap, og mellom ulike områder på hver enkelt fabrikk. Mange norske prosessindustribedrifter har fortsatt en vei å gå før de har utnyttet potensialet i økt automasjon og instrumentering av produksjonen, ofte omtalt som «Industri 3.0». I tillegg har de fleste selskaper fabrikkenheter med ulike systemer, hvor flere av anleggene er gamle og ofte bruker leverandøravhengige løsninger i ulike deler av verdikjeden. Dette, kombinert med at data ofte lagres i «siloer», vanskeliggjør både integrasjon og sporbarhet.

De siste årene har det blitt lagt stor vekt på å etablere dataplattformer som bryter opp siloene, frigjør dataene fra kjernesystemene og gjør dem lettere tilgjengelige for større deler av organisasjonen. Hydro, Elkem, Yara og Equinor er eksempler på bedrifter som har satt betydelig fokus på dette området. Den nye digitale teknologien er imidlertid ikke alltid kompatibel med eldre utstyr, og det er kostbart å oppgradere og instrumentere eldre produksjonsutstyr, selv om kostnadene for sensorer, aktuatorer og kommunikasjon har gått ned de siste årene.

For mange selskaper blir inngangsinvesteringene høye før man kan begynne å høste gevinstene ved digitalisering. Dette gjør det både vanskelig og krevende å realisere de fordelene digitaliseringen kan gi for hele selskapet. Det

er ikke lenger bærekraftig å arbeide i siloer; man må tilrettelegge for digital interaksjon gjennom hele produksjonslinjen. Eksempelvis har Elkem investert og standardisert på IT-systemer som skal dekke ulike behov som finans, innkjøp, logistikk, salg og produksjonsplanlegging. Dette for å få full nytte av digitaliseringen gjennom sømløs integrasjon mellom de ulike systemene som dekker behovene i hele produksjonslinjen.

Digital omstilling i EU

Kritisk behov for digitalisering i Europa – budskap fra EU-kommisjonen

Industriens største marked er EU/EØS. Fremtidige utviklingsmuligheter påvirkes både av regulatoriske rammer og initiativer som settes i prosessindustriens viktigste marked - EU. Draghi-rapporten «*The Future of European Competitiveness*»³, har identifisert tre nøkkelområder for å forbli konkurransedyktig og opprettholde bærekraftig vekst:

1. **Tette innovasjonsgapet til USA og Kina:** Europa må øke sin innsats for å fremme teknologisk og vitenskapelig innovasjon, forbedre overgangen fra innovasjon til kommersialisering, fjerne hindringer som forhindrer vekst av innovative selskaper, og arbeide målrettet for å lukke kompetansegapene.
2. **Utvikle en felles plan for avkarbonisering:** Europa trenger en koordinert plan for å redusere energikostnader, akselerere overgangen til ren energi, og utnytte industrielle muligheter som følger med det grønne skiftet. Dette inkluderer å støtte utviklingen av ren teknologi og sikre at europeiske selskaper kan konkurrere på like vilkår internasjonalt.
3. **Øke sikkerheten og redusere avhengigheten av Kina:** Europa må styrke sin økonomiske sikkerhet ved å diversifisere forsyningskjedene for kritiske råmaterialer og teknologi, samt øke investeringene i forsvarsindustrien og romfartssektoren. Dette innebærer også å utvikle en felles utenrikspolitikk for økonomi som sikrer tilgang til nødvendige ressurser og beskytter strategiske verdikjeder.

For å tette innovasjonsgapet er avansert digital teknologi noe som muliggjør økt konkurransekraften i EU/EØS. I tillegg til å gi et direkte teknologisk fortrinn, kan digitalisering sammen med domene-teknologi og kunnskap bidra til økt autonomi. Økende geopolitiske spenninger og offensiv industripolitikk fra Kina og USA øker usikkerhet for import av kritisk teknologi, som halvledere, og andre innsatsfaktorer for industriell produksjon. På mulighetssiden så er Norge allerede en viktig leverandør av kritiske råvarer til verdikjeder som er under press.

Økende geopolitiske spenninger har ført til utfordringer i teknologihandelen med Kina, noe som potensielt påvirker Europas posisjon i teknologisektoren. EU taper terreng innen forskning og utvikling (FoU) på enkelte områder og evner ikke å skape nok globale innovative teknologiselskaper. Samtidig som databehovet og datamengdene øker kraftig i alle sektorer, domineres EU-markedet for skytjenester i stor grad av USA-baserte aktører. Databehandlingskapasitet er blant annet nødvendig for å trene og utvikle KI-modeller. Bruk av KI representerer en mulighet for EUs industriaktører til å øke sin konkurransevne, men utgjør også en risiko for å miste ledende posisjoner dersom bedriftene ikke evner å få rask effekt av KI-teknologien.

Ikke-europeiske aktører leder også an utviklingen av høyhastighets- og høykapasitetsbredbåndnettverk med tilhørende utstyr og programvare (inkludert faste, trådløse og satellitt-/hybridnettverk). Telekommunikasjonsutstyr og -programvare er avgjørende for cybermotstandsdyktighet, sikkerheten til strategisk infrastruktur og beskyttelsen av innbyggernes og næringslivets data. Når det gjelder kvante-,⁶ sky-⁷ og KI-teknologi,⁸ er drivkreftene bak innovasjon, svakere i EU enn i USA og Kina på tre områder: i) kapital og finansiering, ii) kompetanse og humankapital, og iii) tilgang til det globale markedet.

I tillegg til de nevnte områdene der programvare er en nøkkelkomponent, er innovasjoner innen maskinvare også av avgjørende betydning. Edge Computing, som innebærer å distribuere databehandlingsoppgaver nærmere produksjonsstedene og dermed redusere datatransporten over lange avstander, er for eksempel et alternativ til å koble seg til den eksterne skyen. Her ligger det nye muligheter i digitaliseringsmarkedet.

Regulatorisk utvikling i EU

Digitaliseringen i prosessindustrien vil være påvirket av de raske regulatoriske endringene i EU og det normative rammeverket etablert av EU-kommisjonen. Dette inkluderer blant annet *Data Governance Act*, *General Data Protection Regulation* (GDPR) og retningslinjene for pålitelig kunstig intelligens, basert på *EU AI Act* (Artificial Intelligence Act). Hvilke handlingsrom og begrensninger reguleringene gir er noe industrien må forholde seg aktivt til og da spesielt med tanke på utviklingen innenfor kunstig intelligens.

EUs *AI Act* trådte i kraft i 2024 som den første juridisk bindende avtalen som fremhever viktigheten av menneskesentrering i KI-systemer for å sikre tilpasning til europeiske grunnleggende rettigheter, reguleringer og verdier, tilsvarende OECDs prinsipper for kunstig intelligens (*OECD AI Principles*). Som en følge av dette ble det europeiske KI-kontoret⁹ etablert i mai 2024 blant annet for å følge opp implementeringen av KI-forordningen.

Industribedrifter bør følge utviklingen av digitale plattformer og sikre at de overholder regelverk, spesielt med tanke på risikoklassifiseringen av KI-systemer i henhold til KI-forordningen og deres innvirkning på operative prosesser og arbeidsstyrken. Prinsippet om etikk ved design (*Ethics by Design*) bør fremheves som en grunnleggende tilnærming, hvor etiske hensyn identifiseres og adresseres proaktivt fra de tidlige stadiene av design, utvikling og drift av digitale prosesser og systemer. Dette bør gjøres i samarbeid med ulike interessenter for å samle forskjellige perspektiver og sikre at designet er i tråd med samfunnsverdier og brukernes behov.

Kort sagt må industribedriftene ta stilling til følgende spørsmål:

- Hva er mulighetene og begrensningene i håndtering av etiske og regulatoriske prinsipper knyttet til KI og digitale teknologier innenfor rammen av krav satt i *Data Governance Act*, *AI Act* og GDPR?
- Hvordan kan samsvar med de nevnte reguleringene oppnås for spesifikke digitale teknologier i ulike typer prosessindustribedrifter og i landbaserte industrier generelt?
- Hva er implikasjonene ved implementering av digitale prosesser i forskjellige operasjonelle industrielle miljøer?

Europakommisjonen etablerte sent i 2024 en ny tilskuddsordning kalt "KI-innovasjonspakken"¹⁰ for å støtte utvikling og oppskalering av oppstartsbedrifter og SMB-er med nye, pålitelige KI-produkter som er i samsvar med KI-forordningen. Norske prosessindustrier og deres leverandørøkosystem bør knytte kontakt med relevante aktører innenfor denne innovasjonspakken for å dra nytte av denne utviklingen. Dette vil øke digitaliseringspotensiale med bruk av KI-kompatible verktøy og produkter.

EUs Konkurransekompass

Den 29. januar 2025 publiserte Europakommisjonen sitt dokument "*A Competitiveness Compass for the EU*"¹¹ (Konkurransekompasset, se Figur 2). Dokumentet bygger på anbefalingene fra Mario Draghi og Enrico Letta og setter fokus på hovedårsakene til mangelfull vekst og hvordan EU kan styrke konkurranseevnen i Europa.



Figur 2 EUs Konkurransekompass¹¹

EU Competitiveness Compass, inneholder rundt 40 flaggskip-initiativer, inkludert en *Clean Industrial Deal*, utformet for å fremme bærekraftig industriell vekst. Kompasset har tre overordnede målsetninger: å øke produktiviteten i Europa ved å lukke innovasjonsgapet vis-a-vis USA og Kina, å etablere et felles veikart for dekarbonisering og konkurransekraft, og å styrke Europas økonomiske sikkerhet og strategiske autonomi. Disse målene skal oppnås gjennom en rekke tiltak som fremmer innovasjon, reduserer karbonutslipp og øker EUs uavhengighet fra kritiske

teknologier og materialer fra tredjeland. Samlet sett skal disse initiativene bidra til å sikre at Europa forblir konkurransedyktig i en stadig mer kompleks global økonomi

Kompasset er bygget på tre hovedpilarer og såkalte horisontale muliggjørere. Alle pilarer danner i sum grunnlag for et nytt rammeverk for innovasjon og dekarbonisering av industri i EU/EØS området, og det vil ha betydelig påvirkning på norsk prosessindustri.

Kompasset omtaler en rekke initiativer knyttet til økt bruk, støtte og rammeverk rundt digitalisering. Vi vet foreløpig lite om innholdet i de ulike flaggskipinitiativene, men basert på tittel kan det synes som følgende meddelelser vil være relevant for digitaliserings og innovasjonsområdet.

- Start-up and Scale-up Strategy
- 28th regime
- European Innovation Act
- European Research Area Act
- AI Factories Initiative, Apply AI, AI in Science, and Data Union Strategies
- EU Cloud and AI Development Act
- EU Quantum Strategy and a Quantum Act
- Advanced Materials Act
- Digital Networks Act
- Omnibus simplification and definition of small mid-caps
- Revision of the Standardisation Regulation
- Union of Skills
- Quality jobs roadmap

EU-kommisjonen vil publisere en rekke andre initiativer og handlingsplaner i løpet av 2025. Hensikten med disse initiativene er å øke produktiviteten gjennom innovasjon, skape en ny dynamikk i Europas industrielle struktur, og integrere dekarboniseringspolitikk med industri-, konkurranse-, økonomi- og handelspolitikk. Disse politikkområdene skal være godt integrert og fungere som en kraftig vekstdriver.

Europeiske digitale virkemidler

EU-kommisjonen har i økende grad tatt frem initiativ som har til hensikt å understøtte industriens utvikling for å styrke dennes konkurransevne, både på europeisk, nasjonalt og regionalt nivå. Dette er forventet å øke i omfang ved oppstart av ny kommisjon, parlament og råd fra 2024-2029.

Digital Europa-programmet¹² (2021-2027) er EUs initiativ for digital transformasjon i næringslivet og offentlig sektor.¹³ Økt bruk av digitale teknologier skal styrke næringslivets konkurransekraft, forbedre offentlige tjenester, og bidra til å løse globale utfordringer innen klima, miljø, helse og sikkerhet. Programmet skal også bidra til at EU blir mer teknologisk uavhengig av andre land og regioner. I 2024 koblet Norge seg på EUs program¹⁴ gjennom en egen strategi. Digital Europa omfatter seks viktige områder for Norge: tungregning og superdatamaskiner, skyteknologi, data og kunstig intelligens, digital sikkerhet, avansert digital kompetanse, bruk av digitale teknologier og halvledere (mikrobrikker).

Et sentralt tiltak i Digital Europa-programmet er etableringen av et nettverk av 200 europeiske digitale innovasjonsnav (EDIH). Disse innovasjonsnavene skal bidra til kompetanseheving og hjelpe små og mellomstore bedrifter med å utnytte mulighetene ved digitalisering og ny teknologi, både nasjonalt og innenfor EU-programmene. Norske bedrifter, klynger og andre forsknings- og innovasjonsaktører kan delta i EDIH^b. Denne forpliktelsen og disse initiativene fører oss i riktig retning, samtidig som satsingene i Europa innen industrien er mangfoldige og skaper muligheter på flere nivåer.

Draghi-rapporten² påpeker at til tross for mange initiativer og satsinger, er innsatsen ikke tilstrekkelig. Rapporten fremhever manglende fokus og klare prioriteringer som hovedutfordringer. Selv om EU har en sterk økonomisk

^b Norge deltar i to EDIH-er, henholdsvis Nemonoor¹⁵ og Oceanopolis¹⁶

kraft, blir ressursene spredt over mange instrumenter, noe som fører til manglende koordinering og innsats på kritiske områder.

Rapporten peker på følgende relevante utfordringer som også er relevant for prosessindustrien:

- **Investering i teknologi og infrastruktur:** Draghi understreker behovet for betydelige investeringer i ny teknologi og infrastruktur for å fremme digitalisering. Dette innebærer oppgradering av eksisterende systemer og integrering av avanserte teknologier som KI og IoT for å øke produktivitet og effektivitet. Europa må ta kraftfulle grep for å lukke innovasjonsgapet med USA og Kina, spesielt innen muliggjørende teknologier.
- **Kompetent arbeidskraft:** Et hovedfokus er å tiltrekke og beholde høyt kvalifisert arbeidskraft. Rapporten foreslår at Europa må utvikle et robust utdanningssystem og kontinuerlige opplæringsprogrammer for å sikre at arbeidsstyrken har nødvendige digitale ferdigheter.
- **Støttende industripolitikk:** Draghi-rapporten oppfordrer til koordinert industripolitikk som støtter innovasjon og digital transformasjon. Dette inkluderer å skape gunstige regulatoriske rammeverk og gi økonomiske insentiver for selskaper til å investere i digital teknologi.
- **Samarbeid og økosystemer:** Samarbeid mellom industri, akademia og myndigheter er avgjørende. Rapporten fremhever viktigheten av å skape økosystemer der ulike interessenter kan jobbe sammen for å drive innovasjon og dele beste praksis. Europa har mange dyktige forskere og gründere, men sliter med å kommersialisere innovasjon.
- **Cybersikkerhet:** Å sikre robuste cybersikkerhetstiltak er essensielt for vellykket digitalisering av industrier. Rapporten understreker behovet for sterke cybersikkerhetsrammer for å beskytte digital infrastruktur og data.

Punktene fra Draghi-rapporten danner et bredt fundament for digital transformasjon i industribedrifter, med hovedmål om å øke konkurransevnen og bidra til avkarbonisering.

Status for digitalisering i prosessindustrien

I dette kapitlet har vi som mål å dokumentere noen av de viktigste pågående digitaliseringsaktiviteter innen prosessindustrien. Dette inkluderer en gjennomgang av systemer, verktøy og metoder som bidrar til å forbedre effektiviteten, redusere kostnader, øke konkurranseevnen og redusere klimagassutslipp. Målet er å gi en helhetlig forståelse av hvor langt prosessindustrien har kommet innen digitalisering.

Verdiskapingspotensial av digitalisering

Virksomheter som over tid er ledende innen sin bransje, kjennetegnes av minst én av tre egenskaper: i) en bedre kostnadsposisjon enn sine konkurrenter, ii) differensiering gjennom sterke merkenavn eller spesialiserte produkter og tjenester, og iii) unike kommersielle posisjoner som gjør det kostbart for kundene å bytte til alternative leverandører, kontroll over unike råvarekilder, eller eierskap til patenterte produkter og/eller produksjonsprosesser.

Mange bedrifter i norsk prosessindustri er konkurransedyktige som følge av tilgang til rimelig, fornybar energi, en kultur for kontinuerlig forbedring, og evnen til å spesialisere produkter eller tjenester. Fremover må prosessindustrien være forberedt på omfattende endringer i sine verdikjeder. Dette inkluderer alt fra tilgang og pris på innsatsvarer som elektrisk kraft og råvarer, til nye krav til sporbarhet og redusert utslipp av klimagasser som igjen påvirker produksjonskostnadene direkte og indirekte. I tillegg vil markedet etterspørre nye produkter og tjenester, og det vil være økende krav til produktenes karbonintensitet.

Flere analyser viser gevinstene industribedrifter kan oppnå gjennom digitalisering. En analyse fra McKinsey & Company konkluderer med at produksjonsselskaper (manufacturing) kan forbedre EBITDA med 8-13% ved systematisk digitalisering av markedsføring og salg, produktutvikling, FoU, produksjon, logistikk, innkjøp og interne prosesser.¹⁷ Tilsvarende gevinster bør kunne forventes i den norske prosessindustrien.

I tillegg til verdiskapingen i bedriftene, vil digitalisering av prosessindustrien også skape ringvirkninger og verdiskaping i tilknyttede leverandørindustrier, universiteter, forskningsinstitutter og økosystemet ellers.¹⁸⁻²⁰ Det er også grunn til å anta at bedrifter som har en helhetlig og markedsført digitaliseringsstrategi kan trekke fordeler i et arbeidsmarked der det er konkurranse om å tiltrekke seg kandidater med riktig kompetanse. De viktigste gevinstene ved digitalisering i prosessindustrien er:

- **Lavere kostnader og kapitalutgifter, og høyere produksjons-marginer**
 - Økt kapasitetsutnyttelse og produksjon i eksisterende anlegg.
 - Redusert forbruk av innsatsfaktorer som råvarer og energi, som følge av økte utbytter.
 - Forlenget levetid og reduserte vedlikeholdskostnader på utstyr og anlegg.
 - Effektivisert logistikk.
 - Bedre forståelse av kapitalbehov og optimalisert allokering.
 - Automatiserte rutineoppgaver, for eksempel innen rapportering og dokumentasjon.
- **Reduserte klimagassutslipp og mindre sløsing**
 - Energi- og ressurseffektivitet i produksjonsprosessene
 - Bedre balanse av tilbud og etterspørsel
 - Gjenbruk av materialer gjennom sirkulær økonomi
- **Økt sikkerhet for ansatte**
 - Automatiske sikkerhetssystemer med økt bruk av sensorer
 - Identifikasjon av farlige forhold ved bruk av avansert bildebehandling
- **Økt salg og større salgsmarginer**
 - Samhandling med kunder om produktspesifikasjoner, kvalitet og leveranser på digitale plattformer
 - Kombinerte leveranser av produkt og tjenester, eksempelvis digitale verktøy for produktkvalitet, optimalisert tilpasning og bruk av produktene
 - Bruk av digitale verktøy for salgsprognoser og produktprising
- **I utbyggingsprosjekter, økt kvalitet og sikkerhet og reduserte kostnader**
 - Bruk av digitale 3D-modeller beriket med informasjon gjennom prosjektering, bygging og drift
 - Optimalisering av produksjonsprosesser før bygging gjennom digitale simuleringer

- Kortere vei fra idé til overlevering av produkt ved bruk av digitale verktøy for dokumentasjon, planlegging og prosjektledelse.
- **Forbedret transparens gjennom hele verdikjeden**
 - Bruk av Digitalt produktpass (DPP) for sikrere og mer tilgjengelig informasjon om produktenes opprinnelse og fotavtrykk

Effektivisering av produksjon

Norsk prosessindustri har en lang tradisjon for å automatisere sine produksjonsanlegg. Allerede på 1960-tallet, da industrielle kontrollsystemer besto av analog elektronikk og reléstyring, gjennomførte ledende norske industriselskaper omfattende automasjonsprosjekter. Norsk Hydro (nå Hydro og Yara) var tidlig ute med å automatisere produksjonsprosessene i sine fabrikker, se Figur 3.

De siste 30 årene har prosessindustrien i Norge gjort betydelige teknologiinvesteringer for å redusere produksjonskostnader og miljøutslipp. Disse investeringene har vært drevet av økt konkurranse fra lavkostland og stadig strengere globale og nasjonale miljøkrav. Mange av investeringene har fokusert på utvikling og implementering av ulike former for smart teknologi og prosess teknologi.

Teknologien for effektiv drift av prosessindustri anlegg blir stadig mer avansert. Fra å starte med enkel sekvensstyring, enkelt-sløyfe PID-regulatorer og videre til Model Predictive Control (MPC) på 1990 tallet, samarbeider norsk prosessindustri med ledende forskningsinstitutter om utvikling av avansert prosessoptimering som kombinerer instrumentering, datafangst, maskinlæring og kommunikasjon med operatør.



Advanced process control in YARA

Advanced process control ongoing implementation

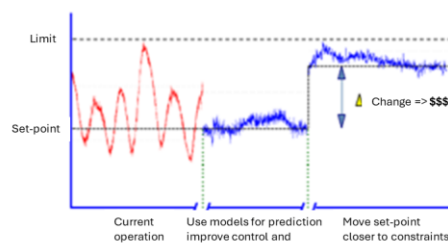
Model based Predictive Control
"Traditional" MPC

- MPC typically sends setpoints to PID controllers in DCS
- Linear models (FIR) from step testing
- Multivariable control & constraint pushing

Yara has in total approx. 75 plants worldwide

Processes/products

- Ammonia plants
- Nitric acid plants
- Urea (wet end)
- Ammonium Nitrate (wet end) plants
- NPK/CN plants (wet end)
- Dry part of Urea/AN/NPK/CN plants



High level Business Case . APC and APC + digitalization potential

Process / Product	APC (Volume) (1)	Additional Benefit on volume opt. By further digitalization (2)	Additional benefit on energy & mission opt. By further digitalization (3)	Total potential (M\$/year)
Ammonia	1 %	0,4 %	0,2-0,7 %	32
Nitric Acid	0,9 %	0,2 %	0,1-0,4 %	12
Urea	1,5 %	0,6 %	2-3 %	17
AN/CAN/NPK /CN	2 %	1 %	1-2 %	148
Total				209

1) Actual Yara Values (Implemented/Proven), 2) Reasonable estimates, 3) Optimistic estimates

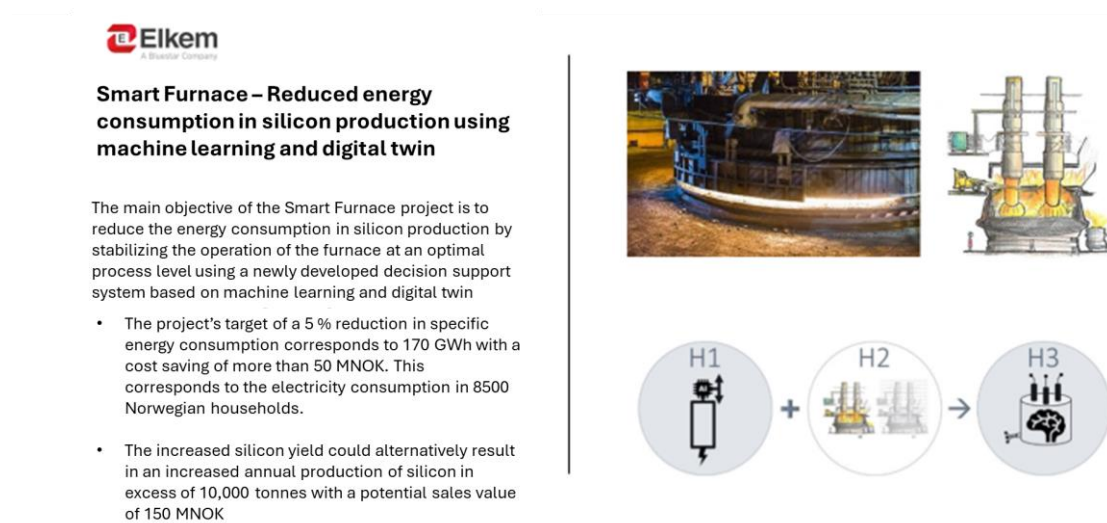
Figur 3 Eksempel på avansert prosesskontroll hos Yara

De siste ti årene har det vært et stort fokus på å hente ut mer verdiskapende informasjon fra eksisterende prosessdata. Dette har blitt muliggjort av stadig lavere kostnader for lagringskapasitet og regnekraft. Effektiviseringspotensialene fra denne informasjonen er allerede utnyttet hos de fleste, ved bruk av sentraliserte og virtualiserte serversystemer. Nå gjenstår mer krevende oppgaver for å hente ut ytterligere verdifull informasjon, som bygger på datakvalitet, kontekstualisering og tilgjengelighet av data.

For å effektivisere ytterligere må data knyttes sammen gjennom hele prosessen, noe som krever både fysisk og digital sporbarhet. Dette innebærer ofte både fysiske og prosedyreendringer i produksjonshåndteringen, samtidig som man etablerer digital sporbarhet mellom systemene. Den digitale transformasjonen medfører derfor i større grad enn før endringer i hvordan daglige oppgaver løses i hele organisasjonen. Ved innføring av nye løsninger er det viktig å fokusere på forankring, involvering og tilhørende endringsledelse gjennom hele prosessen. Her kan agile arbeidsmetodikk spille en rolle for å holde brukerne involvert i planlegging, implementering og etterlevelse.

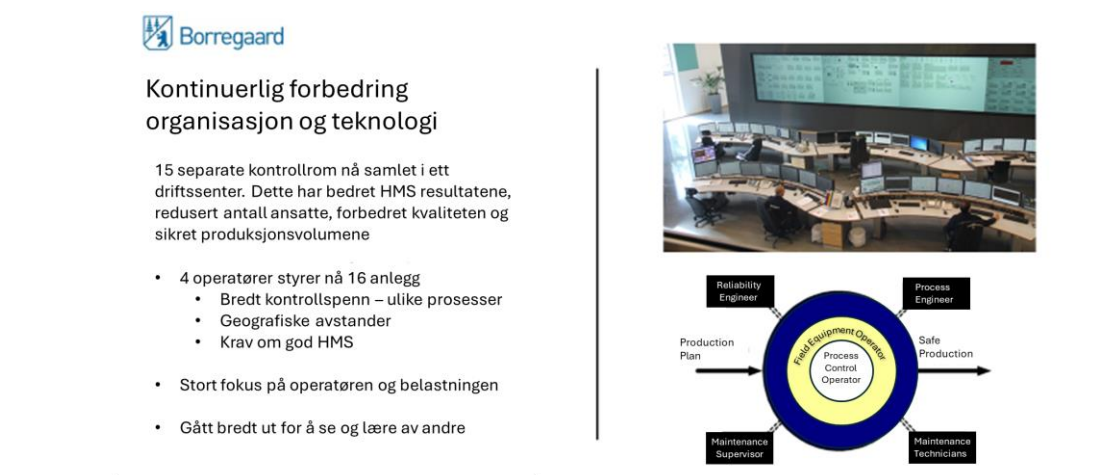
Hvis organisasjonen ikke klarer å omstille seg til å håndtere mer avanserte og komplekse systemer, risikerer man at disse systemene får begrenset levetid, og at organisasjonen faller tilbake til de gamle, enklere, men mindre effektive systemene. Det er viktig å sikre at innsatsen som legges ned i å utvikle og vedlikeholde mer komplekse systemer gir en avkastning som overstiger innsatsen.

Flere prosessindustribedrifter jobber nå med digitale løsninger for sikre tilgang til oppdatert og sanntids-informasjon under utførelsen av praktiske oppgaver gjennom håndholdte enheter. I tillegg til å støtte enkeltoperatører, gjør dagens informasjons- og kommunikasjonsløsninger det mulig å sammenstille informasjon fra flere komplekse og koblede produksjonsavsnitt inn i ett felles system. DataOps-plattformer (metodikk for å forenkle dataarkitekturen) spiller en rolle i sammenstilling og kontekstualisering av produksjons- og vedlikeholdsdata, og gir mulighet for å etablere KI-modeller i samme verktøy. Ved Elkem Carbon i Kristiansand er digitalisering flyttet ut i produksjonsteamet og bidrar til operatørinvolvering, økte utbytter, fjerning av flaskehals og gjenbruk av vrakproduksjon. Dette gir mer effektiv produksjon og bedre ressursutnyttelse. Figur 4 viser Elkems Smart Furnace for å redusere energiforbruk i silisium metall produksjon ved bruk av maskinlæring og digital tvinging.



Figur 4 Smart Furnace-prosjektet i Elkem

Borregaard oppnådde betydelige effektiviseringsgevinster ved å samle flere fabrikker og produksjonsenheter under et felles kontroll- og styringssystem, se Figur 5. Slike suksesshistorier blir stadig vanligere, ettersom selskaper innser at innføring av digitale løsninger må sees i sammenheng med endringer i arbeidsprosesser og derfor implementeres i tett dialog med de ansatte som skal bruke teknologien. Alternativet, med kostnader for anskaffelse og vedlikehold av enkeltstående kontrollsystemer, oppleves ofte som høye i forhold til den direkte gevinsten man får av slike investeringer.



Figur 5 Kontroll- og styringssystem hos Borregaard

Noen erfaringer fra «Industri 4.0»-prosjekter

Gjennom de siste 5-8 år er en rekke store digitaliseringsprosjekter igangsatt og gjennomført i norsk prosessindustri. Mange av disse prosjektene har tatt for seg krevende teknologiske utfordringer i samarbeid med FoU-aktører. Om ikke alle prosjektene nådde definerte og ambisiøse mål, har arbeidet bidratt til et viktig kompetanseløft innen digitalisering for både bedrifter og leverandører. Slike prosjekter har bidratt til å øke forståelsen for hvilke utfordringer som må håndteres for å oppnå ytterligere digital transformasjon.

Innen metallproduksjon og ferrolegeringer møter man utfordringer knyttet til svært høye temperaturer og krevende miljøer, som fører til mangel på sensorer og tilgang til sanntidsdata. Ved bruk av avansert sensorikk har en også møtt utfordringer, da disse ofte ikke tåler eller klarer å måle stabilt i de krevende miljøene der prosessen foregår.²¹⁻²³ I noen prosesser utsettes sensorutstyret for svært utfordrende forhold, som høye temperaturer, korrosivt miljø, støv eller alle tre på en gang. Beskyttelsestiltak for elektronikk og prober i de krevende miljøene kan føre til redusert signalstyrke, noe som krever en avveining mellom levetid og signalstyrke. Degradering av sensorsystemene over tid og krav til vedlikehold er også en stor utfordring.

I andre prosjekter har mangelfull utbygging av digital infrastruktur begrenset utviklingen. Dette har i enkelte tilfeller resultert i ad hoc-løsninger, hvor dataløsninger har delvis blitt utviklet som en del av prosjektet, og potensialet for digital transformasjon har derfor i mindre grad blitt realisert.

Mange har møtt utfordringer ved implementering av komplekse modeller for avansert prosesskontroll på grunn av utilstrekkelig overvåking av prosessen. Som følge av dette har man utviklet digitale tvillinger, hvor måleverdier er definert basert på simuleringer, også kalt *soft sensing*. En betydelig utfordring med *soft sensing* i komplekse industriprosesser er tilstedeværelsen av et mangfold av variabler. Dette kan resultere i for mange frihetsgrader til å kunne estimere de ønskede parameterne. KI, kombinert med nevrale nettverk, har også blitt testet, men estimatene har hittil ofte ikke vært gode nok til praktisk bruk.

Erfaringen tilsier: bruk spesialbygde sensorer for krevende miljø, tilrettelegg for avansert prosesskontroll for å trene opp KI modeller, bygg Digitale tvillinger basert på domenekunnskap og solide matematiske modeller hvor alt integreres i en felles digital plattform og KI benyttes til analyse og optimalisering av prosessen.

Enkeltprosjekter i bedrift vs. digital transformasjon

Industribedriftene har utviklet mange gode eksempler på digitalisering i norsk prosessindustri. Disse eksemplene har ofte representert viktige utfordringer for selskapene, blitt håndtert av dedikerte team, og resultert i vellykkede løsninger. Det er ikke uvanlig å eksperimentere i enkeltprosjekter ned på fabrikk eller forretningsområde. En fullstendig omstilling gjennom digital transformasjon sette helt andre krav til strategi, struktur, organisasjonsforståelse og prosjektplanlegging.

En stor utfordring for prosessindustrien er å skalere og implementere vellykkede løsninger på tvers av enheter og fabrikker i selskapet. Dette gjør det vanskelig å realisere hele gevinstpotensialet fra digitaliseringsprosjektene og oppnå transformativ effekt for hele selskapet. Dette er paradoksalt, da digitale løsninger vanligvis har svært lave kopieringskostnader. Når programvaren først er utviklet, er kostnaden for å lage en kopi praktisk talt null.

Utfordringen med skalering kan ha flere årsaker. Ofte har fabrikker forskjellige IT- og automasjonssystemer, slik at en løsning som fungerer ett sted, kan være mindre egnet et annet sted eller kreve vesentlige tilpasninger. Både fysisk utstyr og prosesser kan variere mellom avdelinger/fabrikker. Andre ganger er utstyret likt, men ulike organisasjonsmodeller eller arbeidsprosesser gjør at organisasjonen ikke klarer å utnytte den digitale løsningen like godt. Et tredje moment er 'Not Invented Here'-effekten, som betyr at mennesker har en tendens til å være mer villige til å ta i bruk løsninger og endre arbeidsform dersom forslaget kommer fra dem selv eller noen de har et nært forhold til, enn om forslaget kommer fra en mer perifer person eller organisasjon. I tillegg kan infrastruktur og intern kultur gjøre det nødvendig med justeringer og tilpasninger av digitale løsninger.

Uavhengig av årsakene til utfordringen med skalering, er det et klart ledelsesansvar å legge til rette for at vellykkede løsninger kan skaleres på tvers av selskapet. Dette innebærer også å sørge for at organisasjonen er satt opp for å håndtere vedlikehold av systemene, og at systemene utvikles og skaleres på en måte som gjør vedlikeholdet mest mulig effektivt.

Markedsføring, salg og produkt-/tjenesteutvikling

Digitalisering har blitt en nøkkelfaktor for salg og markedsføring. Med fremveksten av KI-teknologi og kundesentrerte portaler endres måten kunder nås, engasjeres og betjenes på. Kundens forventninger om skreddersydd oppfølging og tilgjengelighet utfordrer bransjen til å investere i verktøy som gir økt verdi og styrker

kundeforholdet. KI-teknologi gir mulighet til å analysere store mengder kundedata og bruke innsikten til å tilby skreddersydde løsninger.

Mange bransjer har lagt ned betydelig arbeid i å digitalisere sine kundeforhold. Tjenesteytende næringer som banker, forsikringsselskaper og reiseliv har gjennomgått omfattende strukturelle endringer og har delvis fungert som forløpere innen digitalisering. I denne prosessen har de utviklet nye salgskanaler og produktporteføljer, samtidig som intern saksbehandling har blitt effektivisert gjennom automatisering av manuelle arbeidsoperasjoner.

I 2023 så den totale B2C europeiske *e-commerce* omsetning en beskjeden vekst på kun 3 %, og økte fra €864 milliarder til €887 milliarder. De neste årene vil være avgjørende for å oppnå et sterkere og mer samlet indre marked i EU og frigjøre det uutnyttede potensialet i «cross-border» handel.²⁴

Prosessindustrien har også begynt å digitalisere sine kundeforhold, men sammenlignet med tjenesteytende næringer har omstillingen vært langt mindre omfattende. Prosessindustrien i Kina og Sørøst-Asia har ledet an i bruken av *e-commerce*-løsninger. Et eksempel er Alibaba.com, som formidler salg av en rekke produkter fra kinesisk prosessindustri. Enkelte vestlige prosessindustribedrifter, som BASF, har også valgt å utnytte denne muligheten. Selv om det finnes noen eksempler på «*Innovators*» og «*Early Adopters*» i den vestlige prosessindustrien, ligger den fortsatt bak sine konkurrenter i Kina og Sørøst-Asia. Dow Corning's *e-commerce*-plattform «*Xiameter*» er et av få eksempler i Vesten på prosessindustri som tidlig etablerte digitale salgskanaler.

Stadig flere av dagens kunder forventer å kunne håndtere store deler av kjøpsreisen selv ved hjelp av intuitive kundeportaler som gir full kontroll over kjøpsprosessen, produktinformasjon og støtte. Disse plattformene forenkler kundereisen og gir bedriftene nye muligheter til å bygge lojalitet.

En tidligere undersøkelse gjennomført av Bain & Company på vegne av Prosess21 (2020) kartla hvordan norske bedrifter forholder seg til digitalisering sammenlignet med den globale prosessindustrien. Den viste at norske prosessindustribedrifter har lavere investeringer i produkt- og kundeopplevelser sammenlignet med investeringer i drift og forsyningskjeden. Heldigvis er dette på vei til å endre seg. Likevel er norske prosessindustribedrifter fortsatt betydelig mer fokusert på digitalisering av produksjonssystemet enn på digitalisering av markedsføring, salg, tjenester og kunderelasjoner.

Blant de tradisjonelle norske prosessindustribedriftene er Yara kommet langt i implementeringen av en digital satsing for å transformere forretningsvirksomheten og tenke nytt om hvordan produkter kan kombineres med digitale tjenester for å dekke kundenes behov. Et sentralt verktøy i denne satsingen er Atfarm²⁵, som vises i Figur 6. Dette er en plattform som analyserer plantevekst, jordhelse og værforhold for å hjelpe bønder med å optimalisere bruken av næringsstoffer og øke avkastningen. Gjennom slike digitale løsninger sikrer Yara en sterkere markedsposisjon, samtidig som de bygger tettere relasjoner med kundene ved å tilby innovative og effektive verktøy for landbruket.



DIGITAL FARMING – Personalized services and solutions for farmers

The digital revolution in agriculture will allow a step-change in the optimum use of crop nutrition products, which help to feed the world and protect the planet

YARA's Digital Aspiration

- Building the Global Leader in Crop Nutrition
- Building a platform of distinctive digital field and farmer services
- Deliver scalable and tailored solutions that meet farmer needs

Digitalization, Big Data and Precision Sensors are disrupting agriculture and can unlock multiple benefits for the farmer

- More insight knowledge and information
- Granular optimization
- Computer-driven decision support
- Computer-driven decision support

YARA and IBM partnership

In 2019 YARA and IBM announced that they will work together to deliver the world's most comprehensive global digital farming platform by drawing on the two companies' complementary capabilities.



Digital farming and its digital tools give the opportunity to improve significantly the food production; Higher yield, higher quality, less waste and higher value

Figur 6 Digitale løsninger for bonden, levert av Yara.

Et annet eksempel er Jotun, en prosessindustribedrift med nedstrømsaktivitet rettet mot bedrifter og sluttbrukere, har utviklet løsningen 'Color Eye'. Denne løsningen gjør det mulig for kundene å ta med en fargeprøve, skanne fargen og blande en tilsvarende malingsfarge.

Borregaard kombinerer tradisjonelle og digitale salgskanaler for å nå ut til potensielle kunder og hjelpe dem med å finne bærekraftige løsninger på deres utfordringer.²⁶ Et godt eksempel på dette er Scope 3-kalkulatoren for bioetanol, hvor kunder selv kan beregne hvor mye de kan redusere sine Scope 3-utslipp ved å velge Borregaards produkter. Borregaard bruker også aktivt utfordringer som deres potensielle kunder kan ha i overskriftene på sine nettsider. Dette styrker både synligheten i søkemotorer og gjør det enklere for KI-løsninger å finne frem til relevant innhold.

Elkem anerkjenner digitalisering som en nøkkelfaktor for å forbedre salg og markedsføring, og har iverksatt flere tiltak for å møte kundenes økende forventninger om skreddersydd oppfølging og tilgjengelighet. Et felles CRM-system er implementert for å samle all kundeinformasjon i en sentral database. Dette systemet tilrettelegger for samarbeid og gir bedre innsikt på tvers av roller, noe som sikrer at all relevant informasjon er lett tilgjengelig og kan brukes til å bygge sterkere relasjoner med kundene. I tillegg danner systemet grunnlaget for en ny kundeportal, hvor kundene får oversikt over transaksjoner og produktinformasjon. På sikt vil portalen også bidra til oppsalg og kryss-salg. Alle kundebesøk i Elkem rapporteres direkte i CRM-systemet, noe som gir betydelig innsikt i kundens behov. En nylig utviklet KI-løsning kalt *CXinsight* analyserer disse dataene og bistår i å skreddersy løsninger for kundene. *CXinsight* er en av mange "bot'er" som inngår i Elkems *AI Accelerator Platform*, en sikker og internt utviklet plattform som muliggjør rask tilpasning av KI-løsninger for Elkems ulike behov.

Prosessindustrien i Norge anbefales å øke fokuset på aktiviteter som styrker kundelojaliteten og følge med på framveksten av utradisjonelle salgskanaler. Ved å ta aktive posisjoner kan bedriftene unngå at kundebasen forsvinner som følge av endrede kjøpemønstre. KI-baserte løsninger og etablering av kundeportaler kan brukes til å forbedre kundeopplevelsen, sikre relevant kommunikasjon og bygge sterkere relasjoner. For eksempel kan AI brukes til å tilby hyper-personalisering, proaktiv støtte og effektiv automatisering, noe som forbedrer kundetilfredsheten. Kundeportaler gir kundene 24/7 tilgang til informasjon og tjenester, noe som styrker relasjonene og øker kundetilfredsheten. Samtidig må bedriftene tilpasse seg endringer i kundenes forventninger, som stadig øker med digitaliseringens fremmarsj. Gjennom disse tiltakene kan industrien styrke sin konkurranseevne og sikre en ledende posisjon i det digitale landskapet.

Framveksten av utradisjonelle salgskanaler, både åpne markeds plasser som Alibaba.com og mer bransjespesifikke markeds plasser, representerer nye konkurrenter for den etablerte vestlige prosessindustrien. De siste årene har det vært en økning i kopier av produkter fra norske prosessindustribedrifter; i noen tilfeller er det piratprodukter med identiske produktnavn.

Reduksjon av klimagasser

Hvis en ser på de 35 største punktutslippene i prosessindustrien summerer utslippene seg til 9.9 millioner tonn CO₂ ekvivalenter som utgjør 21 % av norske utslipp. Sammenlignet med andre globale industrielle aktører som produserer de samme produktene har prosessindustrien i Norge minimale utslipp fra forbruk av elektrisk kraft som benyttes i produksjon. Norge har som følge lav karbonintensitet i produserte produkter grunnet den høye fornybarandelen i kraftmiksen.

Reduksjon av CO₂-utslipp i stor skala er utfordrende fordi karbon enten inngår som et kjemisk råstoff i prosesser (som ved produksjon av aluminium og ferrolegeringer) eller er et naturlig restprodukt av prosessen (som ved sementproduksjon). For å oppnå betydelige reduksjoner i CO₂-utslipp fra disse industriene, kreves store, banebrytende endringer i prosessteknikken. Nedenfor beskrives noen spennende nullutslippsprosjekter som allerede pågår. klimatiltak i ulike industriprosesser er også beskrevet i ekspertgrupperapport for ny prosessteknologi.²⁷

I 2023 var netto innenlands energitilgang på 317 TWh (inkludert produksjon av kraft offshore), hvor det elektriske forbruket var på 127 TWh. Det er derfor viktig at store sprang innen elektrifisering følges av tilsvarende utbygging av fornybar energi. Dette gjelder spesielt for «dyp dekarbonisering», der karbon i dag brukes som produktionsråstoff. I slike prosesser utnyttes energien i karbonet svært effektivt, mens alternative reduksjonsmetoder krever ofte langt større elektrisitetsforbruk.

Miljøvennlig produksjon krever derfor helhetlig tenkning: både produksjonsprosesser, teknikker for elektrifisering, energimarkedet og karbonfangstmetoder må utvikles i takt for å oppnå reelle utslippskutt. Dette understreker viktigheten av teknologiutvikling og FoU-strategier på tvers av sektorer. Digitalisering og bruk av digitale verktøy vil

være sentralt, men må kombineres med nye teknologier som krever forskning og utvikling. Hvis industriens utslippsambisjoner settes lavere enn det som er mulig å oppnå gjennom teknologi og digitalisering, er det fare for at nasjonal industri mister rammebetingelser, noe som kan føre til avindustrialisering. Dette vil i så fall føre til karbonlekkasje, da det globale produksjonstygdepunktet flyttes til regioner med svakere utslippskrav.

Digitale løsninger og automasjon kan bidra til reduserte klimagassutslipp ved å optimalisere produksjonsprosessen eller råvaresammensetningen, noe som reduserer utslippene. Stabil produksjon gir mer effektiv utnyttelse av energi og råvarer, noe som resulterer i lavere direkte og indirekte utslipp. Målrettede instrumenterings- og informasjonssystemer gjør det mulig å overvåke klimagassutslipp og iverksette korrigerende tiltak ved avvik. Bedre tilgang på data gir ny innsikt i prosessene og muliggjør bruk av avansert dataanalyse og kunstig intelligens.^{28,29}

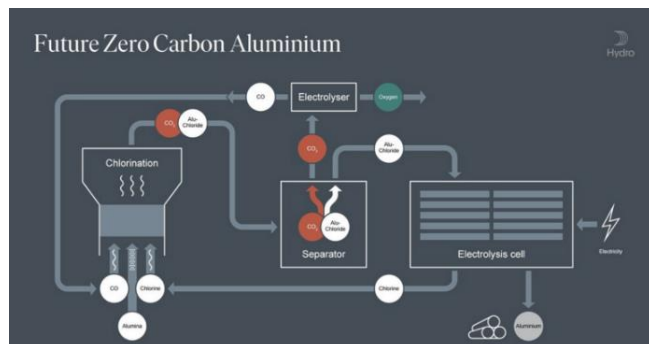
Prosessindustribedrifter står overfor en kompleks utfordring når de skal holde oversikt over sitt samlede klimaregnskap, uavhengig av bedriftens størrelse. De totale klimagassutslippene inkluderer direkte utslipp fra produksjonen, indirekte utslipp fra produksjon av innkjøpt elektrisk kraft, samt andre indirekte utslipp fra produksjon av råvarer, logistikk, reiser, avfallshåndtering med mer. For å dokumentere sine samlede klimagassutslipp over tid, har flere norske prosessindustribedrifter tatt i bruk digitale løsninger. *Emisoft* er et eksempel på et norsk utviklet verktøy som kan benyttes til oppfølging av virksomhetens klimaregnskap, og dette verktøyet har blant annet blitt brukt av Equinor over en lengre periode.³⁰

Omfanget av ulykker og skader kan reduseres ved å erstatte farlige operasjoner med maskiner eller roboter. Dette kan også bidra til et sunnere arbeidsmiljø ved å redusere eller eliminere eksponeringen for helseskadelige stoffer. For eksempel kan ulike KI-teknikker brukes til tidlig varsling av gassutslipp eller andre forhold som kan medføre brann- eller eksplosjonsfare.³¹

Banebrytende prosjekter

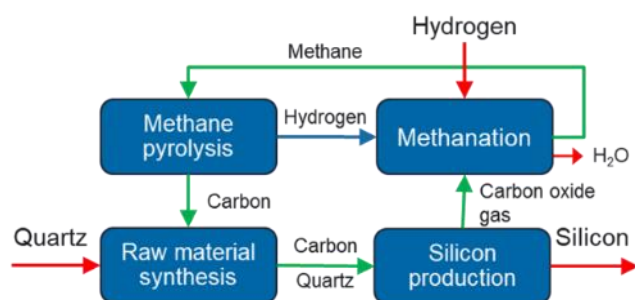
I banebrytende prosjekter innen prosessindustrien er modellering og bruk av simuleringer avgjørende for å redusere utviklingskostnader og sikre raskere fremdrift. Ved å simulere ulike scenarier og prosesser kan man identifisere og løse potensielle utfordringer før de oppstår under pilotforsøk. Dette gir en mer kostnadseffektiv utviklingsprosess og øker effektiviteten i dyre og tidkrevende fysiske tester. Når prosjektene skaleres opp til industrielle piloter, gir modellering og simuleringer verdifull innsikt som bidrar til videre optimalisering og en smidig overgang til større skala.

Hydro har gjort betydelige fremskritt mot en bærekraftig prosess med sin innovative HalZero-teknologi, se Figur 7. Denne banebrytende prosessen eliminerer CO₂-utslipp og slipper i stedet ut oksygen. Dette oppnås gjennom en radikal endring i kjerneprosessen, der råstoffet klorineres før elektrolyse, og CO₂-utslippene gjenbrukes i prosessen for å danne et lukket kretsløp. Med vellykkede tester og modelleringer i Porsgrunn er Hydro på god vei til å nå en viktig milepæl for produksjon av småskala aluminium med sin nye prosess innen 2025. Avansert testing og utvikling av nye digitale modeller vil danne grunnlaget for oppskalering til større industrielle volum innen 2030.³²



Figur 7 - HalZero – zero-emission elektrolyse fra Hydro | Illustrert av Hydro

Elkem utvikler ny prosess for silisium i det banebrytende Sicalo-prosjektet, ref. Figur 8. Prosjektet inne-bærer å fange karbonoksidene som slippes ut fra silisiumovnen og konvertere dem til fast karbon ved hjelp av lavkarbonhydrogen, som deretter gjenbrukes som reduksjonsmiddel i produksjons-prosessen. Dette vil kunne eliminere alle direkte CO₂-utslipp fra produksjonen og redusere behovet for kull eller biokarbon som reduksjons-middel. Elkem har



Figur 8 - Sicalo-prosessen utviklet av Elkem

som mål å etablere en industriell pilot med kontinuerlig produksjon før 2030. For å lykkes med prosjektet er digital analyse, modellering og bruk av avansert sensorikk i kombinasjon med prosessdata essensielt.³³

Mange industrier eksperimenterer med alternative råstoffer til karbon. Etter innledende undersøkelser i samarbeid med Ferrolegeringsindustrien har SINTEF satt i gang HyPla-prosjektet. Prosjektet har som mål å bruke hydrogengass, som omdannes til plasma i en elektrisk lysbue og slik lage metall fra gruvemalm. En observasjonssonde utstyrt med et industrikamera gjør det mulig å observere hva som skjer i reaktoren direkte, noe som er viktig for prosessutviklingen. HyPla-reaktoren er utstyrt med industristandard styringssystem (PLS) koblet mot PostgreSQL tidsseriedatabase i SINTEF-sky som muliggjør realtime observasjon og historisk analyse. Prosjektet, som finansieres av SINTEF, har gitt lovende resultater på et nedskalert prototypnivå. Teknologien vil kunne gjøre det mulig å bruke hydrogen som råvare i produksjon av ferrolegeringer, noe som ikke er mulig uten bruk av plasma. Imidlertid gjenstår det mye forskning før en fullskala pilot kan produseres.³⁴



Figur 9 - SINTEF's HyPla-prosjekt bruker hydrogenplasma som erstatning for kull i metallproduksjon, Foto: Sintef

Kompetanse og organisasjonsutvikling

Digitalisering handler ikke bare om å implementere teknologi, men også om å endre kultur og hvordan organisasjonen arbeider. En bred involvering fra ansatte er nødvendig, og en organisasjonskultur med flat struktur fremmer tillit og medvirkning. Økt kompetanse på digitale områder, særlig innen datadrevet beslutningstaking og nye teknologier som maskinlæring og digitale tvillinger, er essensielt.⁵

Bedriftene må investere i både opplæring og rekruttering av spesialister innen digitale teknologier samt bygge gode relasjoner til teknologileverandører og fagmiljøer som har komplementær kompetanse og erfaring. Miljø- og klimakrav skaper nye markedsmuligheter, og det er nødvendig å tilpasse seg paradigmeskiftet mot bærekraftig produksjon. Her bør man søke løsninger som kombineres med utvikling av nye digitale systemer for å oppnå kostnadseffektive løsninger - "Twin transition".

Bedrifter utvikler og implementerer i dag digitale løsninger innen salg, marked, administrasjon, logistikk samt produksjonsrettet prosesser med prediktivt vedlikehold, smarte digitale systemer og bruk av digitale tvillinger og KI for å optimalisere den enkelte prosess. I likhet med oljebransjen vil det her vokse frem et behov for standardisering som er en forutsetning for at underleverandører skal levere kostnadseffektive produkter som fungerer på tvers av ulike industribedrifter og deres digitale systemer. Prosessindustrien står nå på terskelen til å gå inn i den neste fasen hvor man skal dra nytte av investeringen i digital infrastruktur og gå over til digital transformasjon. Dette blir nærmere omtalt i det neste kapitlet.

Digitalisering i fokus fram mot 2030

Prosessindustrien vil, i likhet med andre industrier, sannsynligvis gjennomgå betydelige digitale endringer de neste fem årene. Økte muligheter for innsamling av store datamengder, integrasjon av 5G, migrasjon av tjenester til skyen, samt bruk av avansert analyse og kunstig intelligens, gir store muligheter både innen produksjon og salg. Digital transformasjon kan bli avgjørende for effektiv implementering av ny teknologi på tvers av hele organisasjonen. Dette kan innebære alt fra automatisering av produksjonsprosesser til utvikling av nye forretningsmodeller basert på dataanalyse og kunstig intelligens (KI).

Kravene til sporbarhet vil øke i tiden fremover, ikke bare for kvalitetssikring, men også for å møte strengere regulatoriske krav og forbrukernes forventninger om bærekraft. Digitale løsninger som *blockchain* (Digitalt Produktpass) og avanserte IoT-plattformer kan gi en helhetlig og uavbrutt sporbarhet gjennom hele verdikjeden, fra råvaretilførsel til sluttprodukt. Dette gir muligheter for mer innsyn og forståelse av prosesser som fører til effektiv og ansvarlig drift.

I januar 2021 oppdaterte A.SPIRE sammen med europeisk prosessindustri og ledende forskningsmiljøer veikartet *P4Planet 2050 Roadmap*.³⁵ Veikartet identifiserer viktige teknologiske barrierer for å realisere ambisjonene om et nullutslippssamfunn innen 2050, og omhandler blant annet digitalisering. På samme måte som Prosess21, har A.SPIRE valgt å fokusere digitaliseringsarbeidet på perioden fram mot 2030.³⁶ A.SPIRE understreker at digitaliseringen av prosessindustrien vil dekke hele verdikjeden, inkludert FoU, drift, innkjøp, logistikk og kunderelasjoner. Digitaliseringen vil gjøre produksjonsanleggene mer energi- og ressurseffektive og mer fleksible, bidra til betydelige reduksjoner i klimagassutslipp, og sette kursen mot en klimanøytral økonomi. Prosessindustrien vil bli mer konkurransedyktig, samtidig som forholdene innen helse, miljø og sikkerhet ytterligere forbedres.

Den norske prosessindustrien har fortsatt store urealiserte gevinster som følge av digitalisering av produksjonsprosessene. Ny teknologi utvikles kontinuerlig, og for å opprettholde konkurransekraften vil det være viktig for prosessindustrien å proaktive med å ta i bruk relevante digitale teknologier.

Innen produksjon og drift forventer man at følgende teknologier vil bidra til økte effekter:

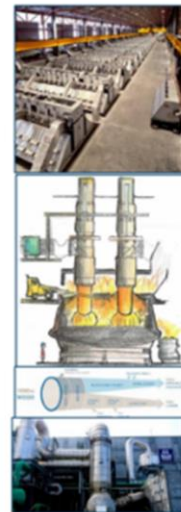
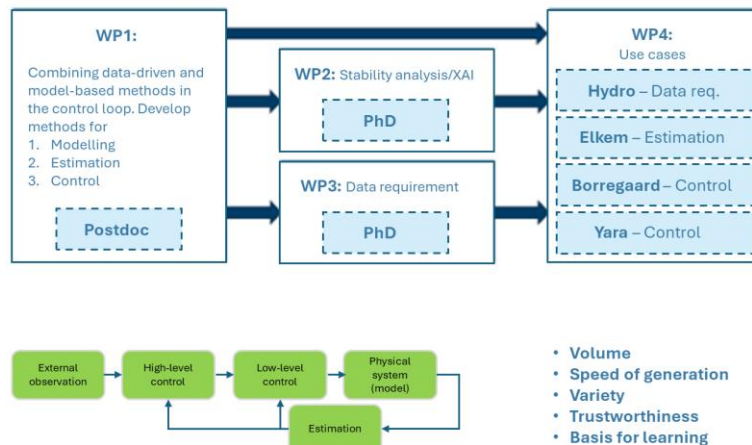
- **Nye sensorer**, gjerne basert på lyd, bilde eller video, til bruk i krevende miljøer.
- **Edge KI**: Sensorer med innebygd mikrokontroller for KI-analyse som bare sender data ved endring og etter lokal behandling.
- **5G** med energi høstet fra omgivelsene (vibrasjon, varmemforskjeller og/eller sollys)
- **Sammenstilte data** fra et stort antall kilder, både strukturerte og ustrukturerte data.
- **Avanserte analysemetoder**, inkludert kunstig intelligens.
- **Digitale tvillinger** med bruk av KI for optimalisering av hele produksjonslinjen.
- **3D-visualisering** og andre former for menneske-maskin interaksjon

Norsk prosessindustri bør kombinere innsatsen for å opprettholde en ledende posisjon innen avansert prosesstyring, samt aktivt søke etter relevante eksempler og hente inspirasjon fra andre bransjer.

Figur 10 beskriver TAPI prosjektet som er et eksempel på et FoU-prosjekt som kombinerer ny sensorikk med avanserte metoder for modellering, estimering og regulering. Formålet med prosjektet var å utvikle neste generasjons digitale verktøy for optimal drift og vedlikehold av komplekse industrielle prosesser. Prosjektet hadde fokus på kunnskapsoppbygging og det har skapt et viktig grunnlag for utvikling av fremtidens digitale produkter og metoder. Et eksempel er bruk av KI til å analysere avgassene til en prosess hvor man detekterte avvik som kunne relateres til feil i prosessen som ellers ikke ville blitt oppdaget.

Erfaring fra forskningsprosjekter som omfatter digitalisering av produksjonsprosessen viser at man må gjennomføre gradvise forbedringer av prosess og utstyr samtidig som man jobber med større endringer. Å jobbe med enklere former for digitalisering kan utløse verdipotensial relativt raskt og legge grunnlaget for mer avansert styring av prosessen. Dette kan føre til en modning av driftsmiljøet med å jobbe digitalt, og på den måten legge grunnlaget for videre fremskritt i digitalisering av produksjonsprosessen. Å jobbe med avanserte digitale modeller uten først å ha tatt de grunnleggende stegene for å digitalisere prosessen, har ofte vist seg å medføre at man ikke kommer i mål med å implementere de mer avanserte modellene.

TAPI – Towards Autonomous Process Industry



Figur 10 TAPI-prosjektet

Integrasjonen av KI med digitale plattformer kan fundamentalt transformere forsyningskjeder ved å tilby avansert innsikt og optimalisering. Denne kombinasjonen gir sanntidsinnsikt i råvarenes reise, muliggjør nøyaktig sporing av materialers opprinnelse, og sikrer at produktene oppfyller kvalitets- og bærekraftstandarder. Ressurseffektiviteten forbedres ved å identifisere ineffektive prosesser og foreslå forbedringer, noe som reduserer avfall og øker effektiviteten. KI kan også overvåke data for å identifisere og reagere på risikoer i forsyningskjeden, og dermed iverksette tiltak før problemene eskalerer.

I artikkelen "What is supply chain optimization" beskriver IBM bruk av ny teknologi for verdikjedeoptimalisering. Her kombineres *blockchain*, KI og IoT for optimalisering av forsyningskjeden.³⁷ Franske SETRAGE har gjennomført studier for «Increase of transport capacity» med bruk av KI, digital tvilling og prediktiv transport analyse (se Figur 13). Dette er gode eksempler til inspirasjon for norske prosessindustribedrifter.

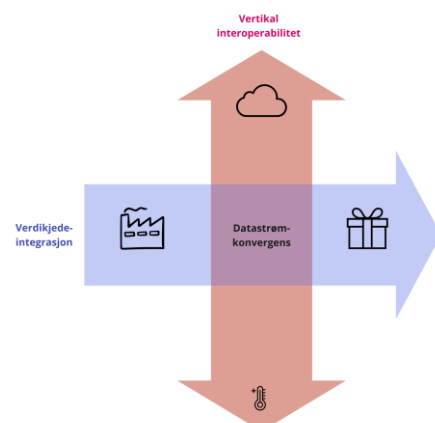
Standardisering

Alle moderne industriselskap drar nytte av digitalisering for å oppnå økt konkurransekraft. Slik innovasjon bør ofte betraktes som selskapenes intellektuelle eiendom. I mange situasjoner er imidlertid selskapene tjent med å samarbeide. Digital Norway³⁸, DigiPro³⁹, NFEA⁴⁰ og RINVE-nettverket⁴¹ er eksempler på samhandlingsarenaer der industrien deler innsikt og deltar i gjensidig læring i digitale emner. Samarbeid kan gi tilgang til et bredere spekter av ressurser, både teknologiske og menneskelige, enn det som er tilgjengelig i enkeltstående selskaper. Industristandarder og beste praksis utviklet i samarbeid kan bidra til å heve nivået for hele bransjen, gjøre deltakerne mer robuste mot globale konkurrenter og gjøre det enklere for leverandører å levere relevante tilbud.

Beste praksis for verdikjedeintegrasjon og vertikal interoperabilitet

I dagens fabrikker og industrikonsern benyttes cyberfysiske nettverk - digitale komponenter i en lagdelt infrastruktur fra produksjonsgulvet til skyen, som utveksler informasjon i komplekse mønstre. Dette er nettverk med betydelig kompleksitet. På et konseptnivå kan vi likevel plassere datastrømmene i to hovedkategorier: Data som følger en verdikjede, og operasjonelle data som strømmer mellom lagene i en digital arkitektur. Figuren illustrerer dette.

Verdikjedeintegrasjon i en digital kontekst innebærer at all relevant informasjon – gjennom alle modenhetsnivåer – gjøres strukturert og tilgjengelig i sanntid på tvers av aktører og systemer, slik at man kan redusere ressursbruken som kreves for å håndtere informasjonen, øke kvaliteten og oppløsningen på informasjonen og drive kontinuerlig forbedring gjennom hele livssyklusen.



Figur 11 - Konseptuell kommunikasjons-arkitektur (figur: Bouvet)

Det er to hovedkategorier verdikjedeintegrasjon:

- Digital livssyklusinformasjon om produksjonsutstyr- og fasiliteter fra konsept til design, bygging / installasjon, drift og avvikling
- Data om varer som produseres i en verdikjede: Råvarene som inngår, produksjonsprosessene, kvalitet, produktnavn, produkt ID, karbonfotavtrykk og andre egenskaper

Å bygge hensiktsmessige modeller og overføringsformater for verdikjedeintegrasjon er ekstremt krevende. Verdikjeden omfatter mange ulike aktører, fra interne og eksterne leverandører til sluttbrukere og kunder, med sine egne systemer, dataformater og prosesser. Noen deler av verdikjeden kan være svært digitaliserte, mens andre fortsatt baserer seg på manuelle prosesser eller eldre teknologi. Å definere modeller som passer for alle aktører i verdikjeden, krever kompromisser mellom generelle standarder og spesifikke behov. Valg av overføringsformater må balansere brukervennlighet, sikkerhet, skalerbarhet og ytelse. Ulike datastrukturer og formater kan gjøre det utfordrende å integrere systemer sømløst. Det må ofte etableres mellomlag eller grensesnitt som kan "oversette" mellom systemer og formater, noe som kan bli teknisk komplekst og kostbart.

Norsk olje- og gassindustri har i flere tiår investert betydelige ressurser i utvikling og adopsjon av standarder og beste praksis for verdikjedeintegrasjon, særlig for digital livssyklusinformasjon. Eksempler på dette er NORSOK⁴², READI JIP⁴³, POSC Caesar Association⁴⁴ og OSDU⁴⁵.

For landbasert, vareproduserende industri tilbyr Reference Architecture Model for Industry 4.0⁴⁶ det mest komplette utvalget standarder for verdikjedeintegrasjon. RAMI 4.0 er en flerdimensjonal referansemodell som strukturerer digitalisering i industrien ved å koble sammen produkter, prosesser og informasjon gjennom hele livssyklusen på tvers av hierarkivåer og IT-lag.

For data om varer som produseres i verdikjeden er situasjonen tilsvarende. DPP⁴⁷ er et konsept som er utformet for å fremme sporbarhet, bærekraft og sirkularitet i ulike bransjer, særlig innenfor prosessindustrien. Selv om det ikke foreligger en eksakt dato for når DPP blir obligatorisk i norsk prosessindustri, er det sannsynlig at kravene vil tre i kraft i takt med EUs implementering, som forventes å skje suksessivt mellom 2026 og 2030.

Norsk prosessindustri møter store utfordringer ved adopsjon av standarder for verdikjedeintegrasjon. Det foreløpig ikke utviklet fullgod beste praksis eller standarder som er optimalisert for prosessindustri. Dessuten er de tilgjengelige standardene ekstremt komplekse og delvis overlappende. Dette gjør arbeidet med å identifisere og implementere et hensiktsmessig utvalg standarder svært ressurskrevende og lite egnet for håndtering i hvert av selskapene.

Vertikal interoperabilitet handler om kommunikasjon av data mellom den fysiske verden, med sensorer og produksjonsutstyr, og digitale komponenter i høyere lag av den digitale arkitekturen: Kontrollsystemer, fagsystemer for produksjon og vedlikehold, optimaliseringsløsninger, dataplattformer, eksterne spesialistsystemer og annet.

Norsk prosessindustri har tradisjonelt vært preget av lukkede, leverandørspesifikke automasjonsløsninger, hvor produksjonsutstyr og driftssystemer (OT) sjelden integreres effektivt med forretningsapplikasjoner i IT-laget. Mangel på robuste informasjonsstrukturer og tydelige semantiske modeller fører til at data ofte fremstilles i uensartede formater, noe som igjen skaper fragmentering, øker kostnader og vanskeliggjør samhandling på tvers av avdelinger og anlegg. Behovet for sømløs tilrettelegging av data i hensiktsmessige syntaktiske modeller og semantiske kontekster blir stadig mer påtrengende, spesielt når målet er å forbedre vedlikehold, optimalisere produksjonsprosesser og styrke konkurransekraften.

Innføringen av anerkjente standarder som ISA-95⁴⁸, Namur Open Architecture (NOA)⁴⁹ og OPC UA⁵⁰ legger et solid fundament for å strukturere informasjon på tvers av hierarkiske nivåer og sikre at ulike systemer kan kommunisere og tolke data på en enhetlig måte. Ved å etablere felles begrepsapparat og datahierarkier, unngår man tidkrevende omformatering og manuelle mellomledd. Dermed blir det lettere å utnytte data i sanntidsanalyser, vedlikeholdsprogrammer og integrerte ERP-løsninger. Semantisk interoperabilitet gjør at informasjon om for eksempel produksjonsmengde, kvalitet og råvareforbruk kan lagres og tolkes i samme arkitektur, slik at ulike aktører får relevant innsikt uten å måtte forholde seg til et uoversiktlig mylder av proprietære formater.

På tilsvarende måte som for verdikjedeintegrasjon er også dette fagfeltet svært krevende å håndtere for selskapene enkeltvis. Ved å samarbeide om beste praksis for protokoller, overføringsformater, sikkerhetskrav og andre relevante tema vil industriselskapene oppnå store effektiviseringsfordeler og gjøre leverandørselskapene i stand til å utnytte skalafordeler.

Datastrøm-konvergens oppstår når en digital modell av et fysisk objekt berikes med data fra begge datastrømmene. For eksempel kan en leverandør av et pumpesystem avleverer tekniske data til et industriselskap

på et avtalt digitalt format. Med en slik *verdikjedeintegrasjon* har selskapet en statisk digital modell av pumpe-systemet. Den kan berikes fortløpende med tilstandsdata fra sensorer montert på utstyret – trykk, temperatur, strømtrekk og så videre. Med denne *vertikale interoperabiliteten* blir modellen en digital tvilling med statiske og dynamiske egenskaper, som kan skape verdi innen produksjonsoptimalisering og vedlikehold.

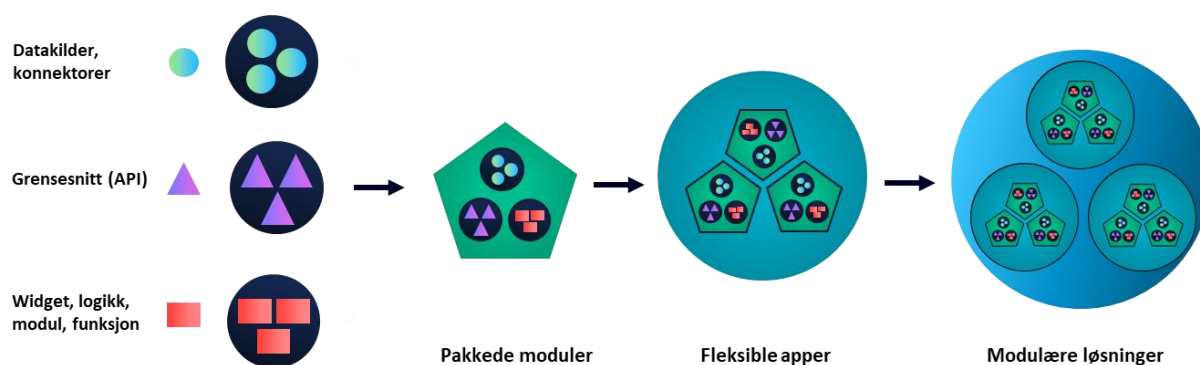
Samarbeid om standardisering og beste praksis

Norsk prosessindustri står overfor store muligheter ved optimalisering av verdikjedeintegrasjon og vertikal interoperabilitet, men mangelen på standardisering hindrer effektiv implementering.

Et bredt nasjonalt initiativ for standardisering på disse områdene vil kunne gi en felles retning for hvordan prosessindustrien kan gå fra proprietære løsninger til åpne, sikre plattformer, slik at fremtidige integrasjonsarkitekturer blir mer kostnadseffektive og mindre risikofylte. Ved å samle industrielle aktører, myndigheter, leverandører og forskningsmiljøer i et felles forum kan man utveksle erfaringer, utvikle veiledningsdokumenter og anbefalt praksis – basert på tilgjengelige standarder. Det er antakelig ikke behov for nye standarder, men heller tydelig råd om valg og bruk. Det er også behov for kontraktmaler og andre dokumenter som industriselskapene kan bruke i møte med leverandørindustrien, for eksempel for å stille krav til avlevering av anleggs- og produktinformasjon på strukturert, digital form. Et bredt initiativ for standardisering i bransjen kan bidra til å redusere barrierene.

Standarder og åpne grensesnitt

Bruk av åpne og standardiserte maskin-til-maskin grensesnitt (API), gir mulighet for samhandling og utveksling av data uten å være begrenset av proprietære løsninger. Dette muliggjør sømløs integrasjon hvor man kan bygge videre på de eksisterende digitale systemene.



Figur 12 - Digitale sammensettable byggeklosser (Figur: Siemens).

Ved å bruke modulære "byggesteiner" og dra nytte av beste praksis og industristandarder, kan norsk prosessindustri raskere etablere fleksible og fremtidsrettede konsepter for digitalisering og innovasjon. Disse modulære byggesteinene, ofte kalt PBC (*packaged business capabilities*) på IT-siden og MTP (*modular type package*) på den operasjonelle siden, gjør funksjonalitet enklere å integrere og fremmer autonomi og fleksibilitet.

Når ulike komponenter og systemer er kompatible, kan innovasjon introduseres uten store omlegginger. Dette åpner for raskere og mer kostnadseffektiv innføring av ny teknologi, sikrere datahåndtering og en dynamisk infrastruktur som bedre møter morgendagens krav og muligheter. Åpne standarder fremmer innovasjon ved å legge til rette for samarbeid og deling av beste praksis på tvers av sektorer og aktører.

Digitalisering i et verdikjedeperspektiv

For industriselskap er det naturlig å prioritere digitaliseringstiltak innen produksjonsnære kjerneprosesser. Men det er også viktig å tenke på digitalisering i et større perspektiv: Mellom avdelinger i en produksjonsbedrift, og mellom forretningsområder i et konsern. Selv store industrikonsern inngår som aktører i globale verdikjeder. Kontaktflatene mot leverandører, partnere og kunder representerer ofte store muligheter for digitalisering: Hvilke muligheter har vi for å legge til rette for at våre råstoffleverandører skal kunne jobbe mer effektivt med oss? Hvordan kan vi samarbeide bedre med partnere om felles mål? Hva vet vi om produktene vi lager som kundene våre kunne hatt nytte av?

Kompleksiteten og potensialet med verdikjedeoptimalisering øker etter hvert som man utvider perspektivet. Jo flere ledd i verdikjeden man tar med i optimaliseringsarbeidet, desto flere variabler og avhengigheter må man håndtere. Samtidig åpner dette for et større mulighetsrom, fordi tiltak som fører til forbedringer på ett trinn i verdikjeden kan skape ringvirkninger lenger opp- eller nedstrøms. På den måten kan utvidet samarbeid og dataflyt føre til gevinster som ikke er synlige om man kun ser på ett ledd isolert. Men det er nettopp denne økte kompleksiteten som gjør at slike prosjekter krever god koordinering, felles målforståelse og tekniske løsninger som kan håndtere stor datamengde og ulike systemer. Enkelte verdikjedeutfordringer bør løses i samarbeid mellom industrivirksomheter, eller i samspill med politiske myndigheter.

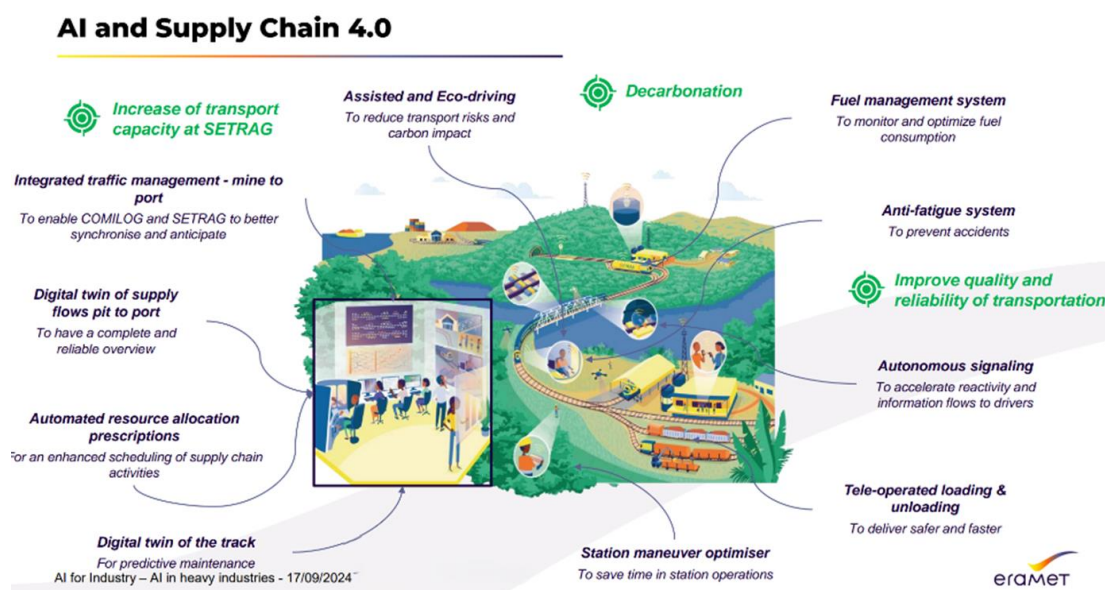
Hvordan kan digitalisering effektivisere samhandelen mellom leverandører og industriselskapet? Ved å dele prognoser og planlagt produksjon i sanntid kan råvareleverandører tilpasse seg svingende behov, redusere forsinkelser og sikre jevn vareflyt. Datautveksling av sporingsdata kan ytterligere digitaliseres, det samme gjelder dokumentflyt mellom kunde og leverandør. Digital sporing av råvarer åpner for bedre kvalitetskontroll, bedre bærekrafthåndtering, og lettere identifikasjon av flaskehalsar.

Leverandører av industriell infrastruktur, bygg, produksjonsmaterieell og annet kapitalutstyr kan knyttes tettere inn i industriselskapenes verdikjede blant annet ved å avlevere mer informasjon på formater som kan gjenbrukes analytisk, for eksempel i digitale tvillinger, uten at informasjon på ustrukturert form må gjenskapes.

På tilsvarende måte kan industriselskapene utforske muligheter for økt digitalisering i kontaktflaten med sine kunder. Dette kan innebære optimalisering av salgsprosesser og forbedring av kundekontakt, samt avansert analyse av ordre- og kundedata. Dette kan danne grunnlaget for nye forretningsmodeller, redusere salgskostnader, gi bedre markedsforståelse, innsikt i konkurrenter, raskere tilpasning til endrede markedsbehov, spesialiserte og skreddersydde produkter, bedre kundeoppfølging og økt kundetilfredshet.

Spesielt digital tjenesteinnovasjon med vekt på mersalg er et område hvor mange industrier, bransjer og næringer ser store vekstmuligheter.^{51,52} Hvilke verdiskapende digitale tjenester kan industriselskapene tilby sine kunder? For eksempel har Yara hatt suksess med mersalg gjennom *Digital Farming* tjenester kombinert med fysiske standardprodukter (kunstgjødsel). Et annet eksempel er hvordan DOW oppnådde stor suksess ved å endre forretningsmodellen for et av sine viktigste produkter og selge dette gjennom en ren *eCommerce*-løsning. Dette ble gjort basert på kundedata og utvikling av en dedikert forretningsmodell optimalisert for å tilfredsstille kundesegmentets behov.⁵³

Digitalisering kan også bidra til bedre markedsforståelse og konkurranseforhold og derfor raskere utvikling av spesialiserte produkter. Vekst i prosessindustrien forutsetter både topplinjevekst (inntekt/salg) og bunnlinjevekst (resultat/lønnsomhet). Det er viktig å vurdere hvordan det grønne skiftet kan påvirke topplinjeveksten.



Figur 13 KI i logistikk og forsyningskjeder (Eramet)

Figur 13 viser noen av de områdene hvor KI kan komme til nytte utenfor produksjonsprosessen. Digitale løsninger for sporbarhet og dokumentasjon av materialstrømmer vil være nødvendige for at sirkulærøkonomi skal få stor effekt, for eksempel gjennom økt resirkulering og effektiv utveksling av sidestrømmer mellom bedrifter. En digital tvilling av forsyningsstrømmene gir en helhetlig oversikt over hele forsyningskjeden, fra gruve til havn. Dette muliggjør bedre planlegging, overvåking og optimalisering av alle ledd i kjeden, noe som fører til en mer effektiv og pålitelig forsyningskjede. Ved å bruke AI-teknologi kan bedrifter sikre at forsyningsstrømmene er sømløse og godt koordinerte, noe som forbedrer både effektiviteten og påliteligheten.

Elementer i digitaliseringsprosessen

Digital Infrastruktur og dataforvaltning

Digital21⁵⁴ understreker at digital infrastruktur og forvaltning av digitale dataressurser er avgjørende for å styrke næringslivets evne til å utnytte og utvikle digital kunnskap og teknologi. Dette krever strategier som maksimerer verdiskaping gjennom effektiv infrastruktur og fornuftig ressursforvaltning. En robust datainfrastruktur som brobygger mellom tradisjonelle IT- og OT-datakilder er essensiell for digitalisering. Moderne programvaresystemer muliggjør datautveksling gjennom Application Programming Interfaces (API-er), og det pågår betydelig arbeid og innovasjon på dette feltet internasjonalt, noe norske bedrifter bør følge nøye.

Norge står fortsatt overfor investeringer i femte generasjons mobilnett (5G). 5G har også blitt lansert for industrielle formål i sektorer som logistikk, transport, energi, helse og medieproduksjon. Det er viktig å fremheve de nye forretningsmulighetene og behovet for kompetanse til å utnytte potensialet i denne infrastrukturen, spesielt innen prosessindustrien. Private, geografisk avgrensede 5G-nett kan gi store fordeler for prosessindustrien.

I Europa har EU-kommisjonen definert frekvensområdet fra 3,4 til 3,8 GHz, kjent som 3,6 GHz-båndet, som det primære pionerbåndet for 5G i EU-landene. Europeisk industri utvikler allerede industrielle løsninger for private 5G-nett i dette båndet. Teknologit utviklingen må følges nøye, ettersom norsk prosessindustri er avhengig av internasjonale leverandører for løsninger innen instrumentering og automatisering.

Strategisk datadeling

Rapporten fra ekspertgruppen for datadeling i næringslivet fremhever hvordan strategisk datadeling kan styrke norsk industris konkurranseevne, både internt og i verdikjeder.⁵⁵ De store aktørene, *asset-eierne*, må lede an i disse endringene. Optimal forvaltning av data kan gi betydelig verdiskaping og innovasjon, inkludert standardisering på tvers av leverandører. Data alene har verdi, men det er først gjennom forbedret beslutningstaking at den fulle verdien realiseres.

De viktigste teknologiene som kan dra nytte av dette er stordata-analyser og kunstig intelligens, som i prosessindustrien kan effektivisere beslutningsprosesser, gi presise prediksjoner, forbedre kundeinnsikt og som følge øke innovasjonstakten. Denne strategiske tilnærmingen til eierskap og deling av data kan gi norske bedrifter et betydelig konkurransefortrinn og skape en mer dynamisk og innovativ industriell sektor.

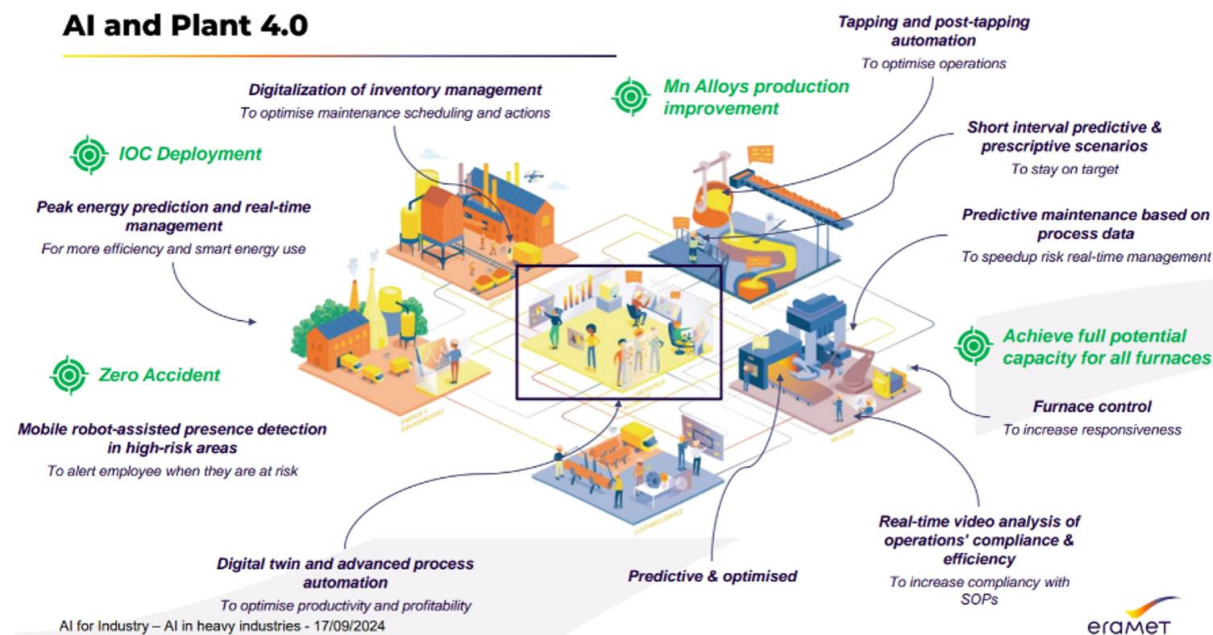
Kunstig intelligens og prosesskunnskap

Å lykkes med bruk av kunstig intelligens (KI) vil være avgjørende for å realisere verdipotensialet fra digitalisering. Innen generelle anvendelser av KI skjer det en kontinuerlig innovasjon ledet av store miljøer i USA, Kina og Storbritannia. Det er viktig at norske bedrifter kan ta i bruk resultatene fra disse internasjonalt ledende miljøene. Samtidig kan Norge posisjonere seg som en internasjonal leder innen utvikling og bruk av KI for styring, optimalisering og overvåking av avanserte prosesser.

Nøkkelen ligger i å kombinere Norges ledende domenekompetanse innen prosessindustri med digital spisskompetanse. Norge er verdensledende på modellering av avanserte produksjonsprosesser i prosessindustrien. Løsninger basert på matematiske modeller og datadrevne metoder som maskinlæring kan gi norsk prosessindustri et konkurransefortrinn. Norske miljøer kan dra nytte av flere tiår med erfaring i bruk av fysikkbaserte modeller for å beskrive industrielle anlegg. Kombinasjonen av slike modeller med KI muliggjør verdifulle brukererfaringer og kan danne grunnlag for å bygge internasjonalt ledende leverandørbedrifter.

Et annet viktig spørsmål er hvordan digitalisering kan maksimere kapasitetsutnyttelsen i prosessanleggene. Store kostnader er forbundet med eventuell utstyrssvikt og produksjonsstans, kvalitetsvariasjoner, manglende kapasitetsutnyttelse og utbytter. Her ligger det et stort potensial i prediktivt vedlikehold og produksjonsutnyttelse

ved å kombinere sensordata fra produksjons- og prosessanlegg med KI-teknikker. Dette kan for eksempel gi forhåndsvarsler om kritiske utstyr her behov for ettersyn eller reparasjon og KI-styrt tilstandsovervåking kan forutsi større produksjonsforstyrrelser.



Figur 14 Måter KI kan utnyttes i drift (Eramet).

KI kan analysere store mengder data for å gi innsikt i driftsmønstre og optimalisere ressursallokering. Den kan også koordinere mellom ulike avdelinger og sikre tilgang til riktig og oppdatert informasjon. KI skaper muligheter for effektivisering, kostnadsreduksjon og forbedrede beslutningsprosesser, noe som gir bedrifter et konkurransefortrinn i markedet. Figur 14 viser noen av de områdene hvor KI kan komme til nytte.

Samarbeid og innovasjonskultur

Norske industribedrifters evne og vilje til samarbeid trekkes ofte frem som et konkurransefortrinn. Tilliten som eksisterer mellom bedriftene gjør det mer legitimt å dele kunnskap, teknologi og data på tvers av bransjer og sektorer. Dette er viktig for å drive endring og innovasjon, og bidrar til å skape vinn-vinn-situasjoner for samarbeidspartnerne, noe som igjen gir økt verdiskaping. Internasjonale aktører er ofte imponert over norsk evne til samarbeid.

Gjennomføring av digitaliseringsprosjekter krever ofte tilgang til teknologi og kompetanse som selskapet selv ikke besitter, for eksempel innen datasikkerhet og avansert analyse. Løsningen er ofte å etablere samarbeid med andre leverandører og kunnskapsbedrifter. Faglig og teknologisk er det mange felles utfordringer på tvers av bransjer og sektorer, og det er mye å lære av hverandre ved å utnytte den såkalte triple-helix-modellen mellom industri, FoU og akademia.

Norske industribedrifter har en organisasjonskultur preget av kortere avstand mellom operatører, mellomledere og ledelse. Dette gir større påvirkningskraft for den enkelte ansatte, noe som kan fremme en bedre innovasjonskultur internt. En kultur der det er lov å prøve og feile, og der alle ansatte har muligheter til å forbedre sin egen arbeidssituasjon, er et av norsk industris største konkurransefortrinn. I prosessindustrien finner en mange eksempler hvor bedriftene deler kunnskap og erfaringer i FoU prosjekter, FME/SFI-satsinger og i ulike klynger.

Forskning og Utvikling

For at norsk prosessindustri skal få fart på og lykkes med digitalisering, er en felles satsing på forskning og innovasjon avgjørende. Digitalisering krever ny kompetanse og innføring av nye typer digitale teknologier, som skiller seg fra tidligere metoder. Prosessindustrien har særegenheter som skaper spesifikke utfordringer for å realisere digitaliseringsgevinstene sammenlignet med andre industrier.

Prosess21 har som mandat å både øke verdiskapingspotensialet og redusere klimagassutslipp. Dette må gjenspeiles i satsingen, hvor digital transformasjon betraktes som en driver for grønn omstilling av norsk prosessindustri. Satsingen bør derfor rettes mot konkrete temaer der det er identifisert teknologiske og organisatoriske utfordringer som hindrer digitalisering og digital transformasjon.

Primært skal satsingen gi prosessindustrien tilgang til ny teknologi og kunnskap som kan brukes i digitaliseringen. Sekundært skal den utvikle varige partnerskap og allianser mellom aktørene, som kan skape sterke økosystemer og fruktbare verdinettverk. Dette inkluderer å bygge kompetanse i forskningsmiljøene og å styrke leverandørindustriens innovasjonsevne.

Forskningen bør gjennomføres i tett samarbeid mellom prosessindustribedrifter, leverandørbedrifter samt forsknings- og kompetanse-miljøene, med vekt på åpenhet og deling av kunnskap og resultater. Dette er viktig for å optimalisere de samfunnsøkonomiske effektene av investeringene.

Det er også viktig å være godt orientert om de ulike delene av virkemiddelapparatet og gjøre seg kjent med de ulike støtteordningene som finnes for offentlig finansiering, både nasjonalt og internasjonalt. Norske FoU institutter har vært god til å hente en stor del av FoU midlene i EU relativt til hvor mye Norge bidrar finansielt. For at innovative løsninger også skal få effekt i norsk prosessindustri er det viktig at også bedrifter bidrar inn i EU-prosjekter.

Eksempler på norske industrielle fyrtårn-prosjekt

GreenBox har som mål å utvikle fremtidens grønne digitale fabrikker og legge grunnlaget for oppgraderinger og nyetableringer i norsk prosessindustri. Med ambisjoner om å redusere CO₂-utslippene med 35% innen 2030 og nå netto null innen 2050, er robust instrumentering, forbedrede prosessmodeller og automatisk prøvetaking og analyse avgjørende. Vianodes fabrikk på Herøya og Elkems pilot i Kristiansand fungerer som testarenaer for ny teknologi, mens Hydro, Future Materials og Eyde-klyngen sprer teknologien videre. Norske teknologileverandører, sammen med NORCE og SINTEF, utvikler nye produkter og løsninger for å holde Norge i front globalt.⁵⁶



Figur 15 Illustrasjon av Vianodes fremtidige gigafabrikk

Borregaard har systematisk jobbet med digital omstilling for å styrke sin posisjon som et av verdens mest avanserte bioraffinerier. Selskapet har tatt i bruk avanserte automasjonsløsninger og etablert et sentralisert driftssenter for overvåking og styring av integrerte prosesser. Ved å bruke sensorteknologi og maskinlæring har de økt opptiden, redusert vedlikeholdskostnader og forlenget levetiden på utstyr. Borregaard utnytter data og teknologi for å forbedre bærekraften og møte regulatoriske krav. Sikkerhet og digital kompetanse er også sentrale fokusområder, med kontinuerlig opplæring og samarbeid med eksterne leverandører.



Figur 16 Borregaard

Innen salg og marked utnytter Borregaard data og teknologi for å skape forretningsverdi. Ved å kombinere atferdsdata med data fra interne systemer og eksterne datakilder i Borregaards sentraliserte dataplattform, er det lagt til rette for økt innsikt og utvikling av prediktive modeller. Disse modellene identifiserer markedsbevegelser og andre faktorer som påvirker strategiske beslutninger. Automatisering, integrasjoner med tredjepartsplattformer og sømløs deling av innsikt har bidratt til nye kunder, høyere avkastning på markedsføring og forbedret datakvalitet. Dette gjør Borregaard i stand til å effektivisere arbeidsflyter, øke produksjonsvolumet og styrke konkurransekraften.

En viktig suksessfaktor for Borregaard er å styrke de ansattes digitale kompetanse. Gjennom bred deltakelse i digitaliseringsinitiativer og en kultur for kontinuerlig læring og forbedring har selskapet bygget både intern

kompetanse og oppnådd varige resultater. Samtidig gir strategiske samarbeid med eksterne leverandører tilgang til spisskompetanse. For å sikre et helhetlig perspektiv har Borregaard etablert et porteføljestyre for digitale initiativer og innført prosesser for prioritering basert på forretningsverdi.

Boliden sitt Green Zinc Odda 4.0-prosjekt har som mål å utvikle verdens mest miljøvennlige og teknologisk avanserte sinkverk. Prosjektet kombinerer en utvidelse av fabrikk i Odda med en omfattende modernisering ved hjelp av digitale teknologier for å øke produktiviteten og redusere miljøpåvirkningen. En skalerbar digital plattform integrerer infrastruktur, informasjonsarkitektur og et digitalt økosystem av programvare, noe som gir bedre kontroll og styring av produksjonen. Plattformen legger til rette for datadrevet beslutningsstøtte ved hjelp av sanntidsdata, som bidrar til mer stabile og effektive operasjoner samt redusert energiforbruk. Strategiske partnerskap med leverandører sikrer ekspertise og teknologiske løsninger tilpasset fabrikkens behov. Den nye informasjonsarkitekturen er fleksibel og skalerbar, noe som gjør det enklere å tilpasse seg fremtidige krav og teknologi. Gjennom digitalisering og økt kapasitet bygger Green Zinc Odda 4.0 en solid grunnmur for videre teknologisk utvikling i takt med organisasjonens kapabiliteter.

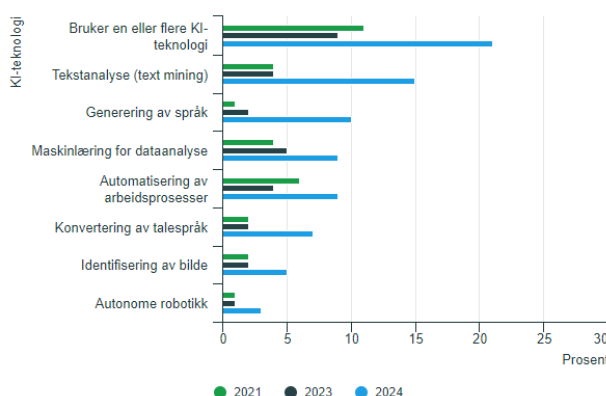


Figur 17 Digitalisering med ny og gammel infrastruktur ved Boliden Odda

Nasjonale og internasjonale perspektiver

Den nasjonale digitaliseringsstrategien⁵⁷ har som mål å gjøre Norge til verdens mest digitaliserte land innen 2030. Realiteten er at norske bedrifter i økende grad lærer av konkurrentene i stedet for å lede. I rapporten "*Rikets digitale tilstand 2019-2024*"⁵⁸ fra Digidir, nevnes det også at Norge har en ambisjon om å være verdensledende på digitalisering og det understrekes også at det er viktig for Norge å hekte seg på digitaliseringstoget fra EU. Dette er trolig enda viktigere for prosessindustrien, hvor man opplever global konkurranse, at det er press på marginer og hvor konkurrentene blir flere og bedre. I henhold til Nasjonal digitaliseringsstrategi har regjeringen ambisjoner og vilje til å satse på IKT-utdanning og utvikling innen KI-teknologi. Det presiseres også at man må ha et sterkt forskningsmiljø innen IKT for å henge med i den internasjonale utviklingen. Denne satsningen er en forutsetning for å kunne lykkes med digitalisering i Norge.

Statistisk sentralbyrå (SSB) har analysert andelen bedrifter med mer enn 10 ansatte som bruker kunstig intelligens (KI). Kartleggingen viser at bruken av KI har doblet seg det siste året, fra 12% i 2023 til 24% i 2024. Økningen skyldes hovedsakelig økt bruk av generativ KI, som *ChatGPT*, *Bing Chat* og *Microsoft Copilot*. Generativ KI har blitt mer tilgjengelig og brukervennlig, noe som har gjort det enklere for bedrifter å implementere teknologien i sine prosesser. Verktøy som ChatGPT og Microsoft Copilot hjelper bedrifter med alt fra kundeservice til intern kommunikasjon og dataanalyse. Denne utviklingen har ført til økt effektivitet og innovasjon i mange sektorer, og styrker bedriftenes konkurransevne.⁵⁹



Figur 18 Bruk av IKT i næringslivet, Statistisk sentralbyrå.⁵⁴

EU-kommisjonens rapport 2024 *State of the Digital Decade package*⁶⁰ gir status på medlemslandenes fremdrift innen digitalisering, samt utviklingen av nye lover og regler som skal fremskynde samhandling og tilrettelegging for digital transformasjon. Rapporten er en "wake-up call" som oppfordrer medlemmene til å øke sin innsats innen digitalisering med fokus på harmonisering av digital politikk og investeringer.

Startskuddet har gått for den digitale industrielle reisen

Den store veksten innen KI er bare begynnelsen på en digital omveltning innen industri og samfunn. Bruk av KI i samspill med digitale tvillinger, produktpass og robotikk forventes å gi store muligheter for industrien. For å lykkes med dette må vi samarbeide og ha vilje til å investere i ny teknologi.

KI benyttes i mange aktiviteter innen områder som administrasjon, logistikk, markedsføring, sporbarhet, prosessoptimalisering, kostnadseffektivisering og miljøhensyn. Tidligere ble disse oppgavene utført separat og uavhengig av hverandre, men nå ser vi at noen går i bresjen for å implementere digitale tvillinger med anvendelse av KI-teknologi for hele fabrikkanelegg. Dette muliggjør en digital transformasjon hvor den totale effekten av teknologien utnyttes fullt ut. Denne utviklingen er i startfasen, men forventes å bli en viktig metode og prosess i årene fram mot 2030.

Stadig flere bedrifter implementerer nå digitale plattformer som kommuniserer på tvers av alle prosesser. Fremover vil forskningsprosjekter dra stor nytte av den etablerte infrastrukturen, som muliggjør effektiv testing av nye konsepter og digitale løsninger. Ny teknologi kan da kobles til plattformen og samtidig dra nytte av data fra operative prosesser. Dette vil gi en betydelig raskere vei fra forskning til implementering av ny digital teknologi. Våre industrielle fyrtårn-bedrifter åpner døren for fremtidens digitalisering og vi må høste av deres erfaringer og dele vår kunnskap for å føre digitaliseringen fremover og inn mot 2030.

«Næringsliv og offentlig sektor må stå sammen om å få fart på digitaliseringen av Norge. Det handler om ledelse og samling om felles mål, og det handler om omstillingsvilje og evne. Men det handler også om hvordan Norge best skal legge til rette for å oppnå resultater gjennom gode rammebetingelser og investering i kunnskap, forskning, teknologi og infrastruktur.»
- NHO, *Politikknotat KI*⁶¹

Teknologi for Digital Transformasjon

Digitaliseringsbølgen de siste 5-8 årene har ført til fremveksten av nye teknologier som gradvis har blitt tatt i bruk. Disse teknologiene har utviklet seg betydelig i løpet av denne perioden og vil spille en enda viktigere rolle i videreutviklingen av dagens og morgendagens prosessindustri. I dette kapittel tar vi for oss de viktigste teknologiene for å kunne gjennomføre en digital transformasjon.

IoT og avansert sensorikk

Sensorer og måleinstrumenter utgjør grunnmuren i enhver digital struktur. Alle digitale løsninger er avhengige av sensordata fra prosessen. For å bygge langsiktig tillit må dataene være av stabilt høy kvalitet. Smarte data, med pålitelige sensorer og intelligent forhåndsprosessering, er avgjørende for at maskiner, mennesker og systemer skal kunne oppfatte virkeligheten presist i sanntid. Dette fører til mer nøyaktige prosesser, bedre beslutninger og fordeler for både effektiv drift og ressursbruk.

Behovet for forbedret prosesskontroll og utvikling av digitale tvillinger modnes stadig. Norske prosessindustribedrifter er allerede utstyrt med et bredt spekter av sensorer, fra enkle lastceller som måler fyllingsgrad i siloer, til termometer i prosessstanker og avanserte gassanalyser som overvåker miljøutslipp. Likevel er det et økende behov for å legge til nye målepunkter. Dette kan inkludere målinger i krevende miljøer hvor varme, støv, mekanisk belastning eller aggressive kjemikalier reduserer sensorens levetid, eller signaler fra målepunkter hvor det av praktiske eller sikkerhetsmessige årsaker ikke er mulig å trekke kabler. I noen tilfeller kreves betydelig tilpasning og modifisering av sensorene, noe som gjør det utfordrende å finne leverandører som er villige til å tilpasse seg. Det pågår flere *trender* i dag som vil være viktige for å møte disse behovene:

- Fremveksten av nye teknologier for massemarkedene har vært betydelig. Fotonikk er et eksempel, hvor avanserte lasere, holografiske sensorer, optiske spektrometre og kvantedetektorer har blitt introdusert det siste tiåret. Miniaturiseringen av bolometer-teknologi har ført til en ny generasjon termografiske kameraer som er godt egnet for krevende miljøer. Gjennom bruk av nye materialer, strukturer og nanoteknologi produseres det nå sensorer med ekstrem ytelse, inkludert økt følsomhet, stabilitet og tidsoppløsning.
- *Edge-analyse*: For ti år siden var det vanlig å forutse massive datalagre i "skyen," men nå går trenden mot å analysere og filtrere data ved eller nær den fysiske sensoren. Edge-analyse har mange fordeler, inkludert lavere energiforbruk, redusert behov for digital infrastruktur og enklere IT-sikkerhet. Denne tilnærmingen er spesielt godt egnet for å omgjøre store datamengder til noen få nøkkeltall. Et godt eksempel er bruk av lyd- og vibrasjonsdata for tilstandsovervåking av maskiner.
- IoT – «*Internet of Things*»: Denne trenden har utviklet seg fra bruk av batterier og trådløse metoder (Bluetooth, LoRa, WiFi, 5G) for massemarkedet. En IoT-leverandør kan tilby et bredt utvalg av sensorer i "sukkerbit-format," som termometre, vibrasjonsfølere, overvåkingskameraer og strømmålere. Sensorene er vanligvis trådløse og kan derfor monteres på steder hvor strøm- og datakabling er utfordrende. De rapporterer til et felles punkt (gateway), enten direkte eller via bedriftens WiFi-nettverk. IoT kan integreres i PLC-systemer, noe som gjør det godt egnet for skalering og ettermontering.

Digitale tvillinger

En digital tvilling er en virtuell representasjon av et fysisk produkt, en produksjonsprosess eller ytelse, som muliggjør sømløs integrasjon av alle prosess-stadier. Teknologien brukes til å forutsi atferd, optimalisere ytelse og validere komplekse produkter. Det finnes ulike oppfatninger av hva definisjonen "digital tvilling" dekker. Her vil vi vurdere det som en matematisk (numerisk) modell som oppfyller følgende kriterier:

- Modellen er en digital representasjon av et fysisk system.
- Den digitale modellen oppdateres kontinuerlig med faktiske måledata fra det fysiske systemet.
- Modellen beregner variabler som ikke er direkte målbare og/eller gir estimater på fremtidig oppførsel av systemet.
- Den gir estimater i sanntid eller nær-sanntid, med raskere tidsoppdatering enn typiske tidskonstanter for systemet den beskriver.

Digitale tvillinger kan i prosessindustrien brukes til blant annet prosess-styring og forebyggende vedlikehold. Enkelte bedrifter benytter allerede enkle varianter av digitale tvillinger som beslutningsstøtte for operatører og

prosessingeniører. På sikt vil det helt sikkert utvikles digitale tvillinger som er direkte koblet til styringssystemet. Innen tilstandsbasert vedlikehold brukes digitale tvillinger til å analysere driftsdata og tilstandsmålinger (vibrasjon, temperatur, motorlast, etc.) for å estimere restlevetid, noe som kan brukes til planlegging av forebyggende vedlikehold.

De fleste digitale tvillinger er skreddersydd for å passe til et spesifikt fysisk system, noe som gjør masseutulling utfordrende på grunn av de ulike prosessene med få like enheter. De fleste digitale tvillinger som brukes i dag, representerer ofte kun en liten del av det totale fysiske systemet. Dette skyldes den høye kompleksiteten i store, sammensatte produksjonsanlegg.

Asset Administration Shells (AAS)

Asset Administration Shells (AAS) er digitale plattformer for lagring og distribusjon av informasjon knyttet til eiendeler og utstyr. Konseptet fungerer som en plattform som samler informasjon fra produksjon (produksjonstegninger, brukermanualer), drift (driftsdata) og vedlikehold (modifikasjoner og service). En styrke ved AAS er at det kan motta informasjon fra flere aktører (produsent, bruker og vedlikehold/verksted) og gjøre informasjonen tilgjengelig for de samme aktørene etter behov.

Varianter av AAS er i bruk i prosessindustrien, spesielt innen vedlikehold av utstyr med hyppig service- og utskiftingsfrekvens. Det er sjelden kobling mot driftsdata, og data deles primært internt i bedriften. Produktene som prosessindustrien lager, deltar sjelden i sine kunders AAS-systemer på grunn av sammensetningen av produktene de leverer, som ofte er bulkvarer eller metallenheter.

Industriell kunstig intelligens

Gjennombrudd innen maskinlæring og kunstig intelligens (KI) har ført til svært effektiv dataprosessering med imponerende resultater på mange områder. KI kan betraktes som et digitalt verktøy for å prosessere og analysere store datamengder. Det unike med denne teknologien er hvor effektivt KI kan trekke ut innsikter og mønstre uten at detaljene i de matematiske algoritmene er programmert på forhånd. Dermed kan KI avdekke mønstre som ville vært vanskelige å oppdage med tradisjonelle algoritmer, mønstre som ingen mennesker kan beskrive i detalj, og mønstre vi ikke engang visste eksisterte. I enkelte anvendelser har KI-systemer oppnådd ytelsesnivåer som overgår menneskelige evner, eksempelvis innen bildegjenkjenning.

Mønstergjenkjenning og signalanalyse er kjernekompetanser for KI, og muliggjør anvendelser innen prediktivt vedlikehold, anomali-deteksjon (identifisere uvanlige mønstre eller avvik i data) og prosessoptimalisering. Avanserte modeller som Transformers, Large Language Models (LLMs) og andre grunnmodeller driver mange av de nyere KI-anvendelsene. Dette gjelder spesielt for generativ KI – en samlebetegnelse for KI som produserer tekst, bilder, tale og lignende. Multimodale modeller bruker data fra flere kildetyper (f.eks. tekst, bilder og lyd) for å gi mer omfattende og nøyaktige analyser. KI-agenter resonnerer ved hjelp av grunnmodeller og utfører oppgaver autonomt ved å ta beslutninger og interagere med brukere eller andre systemer. Disse teknologiene gir nye muligheter for å øke automatisering og effektivitet gjennom å prosessere høynivådata (bearbeidet og evt. analyserte data). Det er åpenbart et stort potensial for å hente ut større verdiskapning fra industrien gjennom KI.

Man kan se for seg en fremtid der prosessindustrien utnytter KI for å øke produktiviteten, redusere kostnader og forbedre produktkvalitet. KI kan optimalisere operasjoner og beslutningsprosesser ved å støtte ingeniører og operatører både i langsiktig planlegging og i sanntidsanalyse av data, forutsi utfall og anbefale justeringer fortløpende. Dersom prosessindustrien lykkes med å innføre KI på en god måte, kan den «ri bølgjen» av teknologisk fremgang og øke verdiskapningen. Videre kan dette bidra bedret ressursbruk, redusere utslipp og legge grunnlag for helt nye, grønnere teknologier og prosesser.

Industriell KI er fortsatt i startfasen, og den fulle rekkevidden er ennå ikke forstått. En global undersøkelse fra juni 2024 viser at selv om bare 17 % av KI-beslutningstakere har fullt ut gjennomført de første KI-planene, oppdager over 90 % av dem nye bruksområder underveis.⁶² Dette indikerer at en stor og bred omveltning kan være under utvikling, også for prosessindustrien. Et bekymringspunkt er at europeiske investeringer i KI ligger betydelig bak USA.⁶³ Videre er det interessant å merke seg at tiden det tar å nyttiggjøre generativ KI varierer mellom forretningsfunksjoner. Det rapporteres raskere adopsjon i støttefunksjoner som markedsføring, HR og IT, mens prosjekter som anvender KI direkte i produksjon krever mer tid.

Selv om potensialet for KI er stort, finnes det flere barrierer som kan hindre adopsjon, inkludert tekniske, organisatoriske og kulturelle utfordringer. En betydelig utfordring er mangelen på kvalifisert personell som kan utvikle, implementere og vedlikeholde KI-systemer. Juridiske spørsmål, som immaterielle rettigheter (IPR) og regulatorisk samsvar, kan også komplisere KI-implementeringen. I tillegg er ivaretagelse av datasikkerhet og personvern avgjørende, da KI-systemer kan brukes på sensitive eller proprietære opplysninger. Å overvinne disse utfordringene er essensielt for å kunne utnytte KI fullt ut.

Forskningsrådet har utlyst midler til Forskningscentre for kunstig intelligens (KI-senter)⁶⁴. Søkere kan få støtte over en periode på fem år, med totalt 850 millioner kroner tilgjengelig for de utvalgte sentrene. Tildeling av forskningsmidler er forventet før sommeren 2025. Hydro, Elkem og Vianode har gått inn som partnere i ett av disse KI-senterinitiativene. En slik satsning på KI senter vil være sentral for industriens implementering av KI teknologi og viktig for utvikling av kunstig intelligens for prosessindustrien i Norge.

Nasjonal digitaliseringsstrategi beskriver at "Norge skal være det mest digitaliserte landet i verden". Dette krever at industrien utnytter mulighetene og potensialet i kunstig intelligens (KI), data og datadrevet innovasjon. Det er stort fokus på å tette gapet mellom grunnforskning og innovasjon, spesielt innen operasjonalisering av KI. *Artificial Intelligence for Decisions* (AID) refererer til bruken av kunstig intelligens for å støtte og forbedre beslutningsprosesser. Dette innebærer å bruke avanserte teknologier som maskinlæring, dataanalyse og prediktiv modellering for å analysere store mengder data, identifisere mønstre og gi innsikter som kan hjelpe beslutningstakere med å ta informerte valg.

En av de største barrierene for KI-adopsjon i prosessindustrien er manglende forståelse av risikoer, noe som fører til utilstrekkelig verifikasjon, validering og sikring av KI-systemer. Teknologiske barrierer inkluderer begrensninger i KI-metoder for beslutninger i risikofylte miljøer, integrering av kunnskap og beslutningsprosesser, samt ressurser og kostnader for implementering. I tillegg til tekniske utfordringer spiller menneskelige og organisatoriske barrierer en kritisk rolle. Manglende tillit, begrensede sertifiseringsrammer, ressurskrevende utvikling, svak styring og mangel på KI-ekspertise hindrer ofte implementering. For å sikre riktig bruk og ønsket effekt av KI for beslutninger er det behov for å adressere både tekniske og ikke-tekniske utfordringer. Dette krever en kombinasjon av grunnforskning, operasjonalisering av forskning, casestudier, samt kompetanse og organisasjonsutvikling.

For industribedrifter i prosessindustrien vil AID spille en sentral rolle i å bygge KI-kompetanse hos både nåværende ansatte og fremtidig arbeidskraft, spesielt gjennom direkte samarbeid mellom academia og industri på spesifikke bruksområder definert av industrien. Disse bruksområdene er preget av sekvensielle beslutningsprosesser i systemer med stor kompleksitet og høyrisiko utfall. Risikobasert vedlikehold er et typisk eksempel, som omfatter utfordringer med å samle og behandle data effektivt, bestemme tilstanden til fysiske eiendeler, vurdere sannsynligheten og konsekvensene av feil, og identifisere de beste handlingene å ta med begrensede ressurser og under usikkerhet.

Hva er forskjellen mellom kunstig intelligens og maskinlæring?

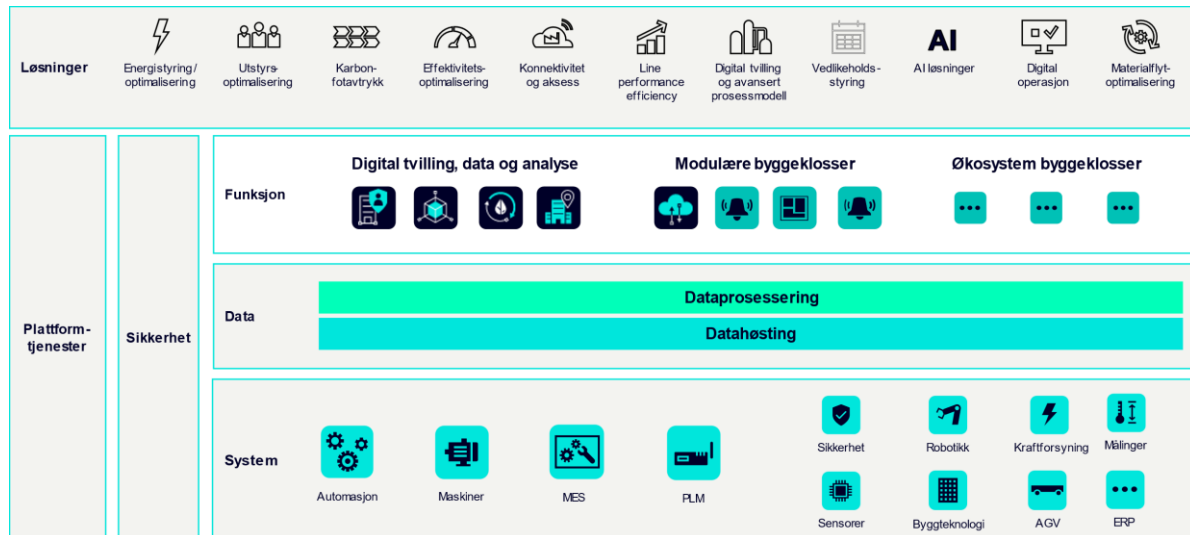
Kunstig intelligens (KI) er en bred gren av datavitenskap som fokuserer på å utvikle systemer som kan utføre oppgaver som normalt krever menneskelig intelligens, som problemløsning, beslutningstaking og språkforståelse. Maskinlæring er en underkategori av KI som spesifikt handler om å utvikle algoritmer som lar maskiner lære av data og forbedre ytelsen over tid uten å være eksplisitt programmert. Mens KI kan inkludere regelbaserte systemer og annen teknologi, er maskinlæring avhengig av mønstergjenkjenning og statistisk modellering for å gjøre prediksjoner eller ta beslutninger. Kort sagt, KI er det overordnede målet om å skape intelligente systemer, mens maskinlæring er en metode for å oppnå dette gjennom læring fra data.

Dataplattformer

Digitale plattformer utgjør infrastrukturen og fundamentet for digital transformasjon i prosessindustrien. Ved å koble sammen OT (operasjonell teknologi) med IT (informasjonsteknologi) og etablere en digital infrastruktur som integrerer operasjonelle og analytiske miljøer, muliggjøres datadrevet innsikt og beslutningsstøtte som kan redusere kostnader, øke produktiviteten og redusere prosessvariasjoner. Dataplattformer gjør data tilgjengelig på en strukturert, skalerbar og verdiskapende måte. Ved å harmonisere og demokratisere tilgang til og bruk av data på tvers av systemer, kan man skape ny verdifull innsikt i produksjonsprosesser.

Moderne dataplattformer er distribuerte og kan settes sammen fleksibelt etter behov, for eksempel ved hjelp av industrielle systemer og byggeklosser med åpne, standardiserte grensesnitt. Digitale plattformer kan distribueres og kjøres nær prosessen, på *edge*, i et datasenter, i skyen eller distribuert på tvers av fysisk infrastruktur, avhengig av behov og krav.

Operasjonell funksjonalitet er den verdiskapende delen av dataplattformen og inkluderer datatilgang, forretningslogikk samt applikasjoner og systemer for beslutningsstøtte. Dette kan innebære guidede eller automatiserte beslutninger som påvirker eller optimaliserer produksjonsprosessen.



Figur 19 Konseptuell oppbygging av digital plattform (Ref: Siemens)

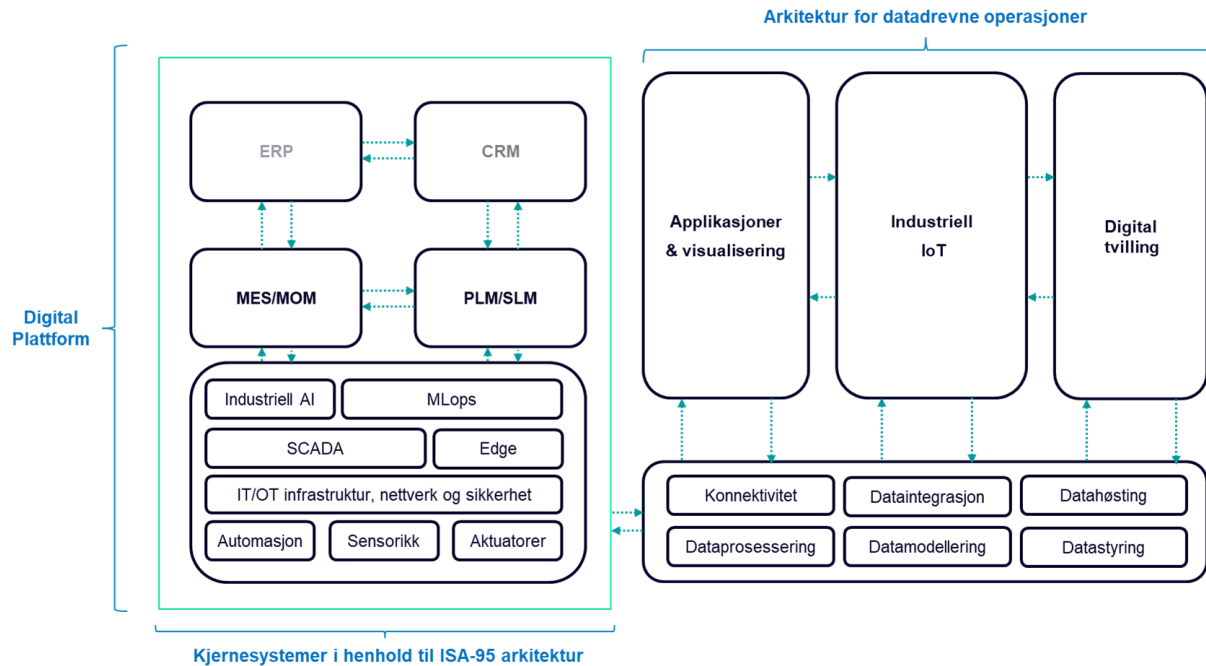
Egenskaper for en digital plattform:

- **Industriell cybersikkerhet:** Digitale plattformer må oppfylle sikkerhetsstandardene IEC62443 og ISO27001 for å beskytte industrielle systemer.
- **Modulære og interoperable systemer:** Bruk av OT- og IT-teknologi som sikrer cybersikkerhet og andre viktige krav, som åpne og godt dokumenterte API-er (Application Programming Interface).
- **Data Citizens-konseppter:** Verktøy som gjør det mulig for ikke-eksperter, som IT-personell eller dataanalytikere, å bruke data. Dette blir enklere med økende bruk av generativ AI.
- **Data Science-laboratorium:** Avansert dataanalyse med tilgang til komplekse verktøy som krever dypere programmeringskompetanse.
- **Vertikal og horisontal integrasjon:** Data skal være tilgjengelig i hele verdikjeden og knyttet til ulike operasjoner.
- **Sikker datahåndtering:** Regler, retningslinjer og prosedyrer for hvordan data skal forvaltes i organisasjonen.
- **Optimalisert datainfrastruktur:** Tilpasning av hvor data behandles og lagres (lokalt, hybrid eller sky) basert på hvert enkelt brukstilfelle.

En dataplattform kan konseptuelt deles opp i følgende funksjonelle komponenter, lag eller byggeklosser som kan settes sammen og etableres både på *edge* og i skyen, avhengig av behov:

- **Datakilder og operasjonelle systemer:** OT-systemer, IoT-systemer, sensorer, utstyr, utilities og eksterne datakilder. Disse bør integreres i den digitale plattformen så mye som mulig, eventuelt ved bruk av datafederasjon (datahåndtering) for å unngå dupliserte data og usammenhengende dataflyt.
- **Datahøstingslag:** Lag hvor data lagres som rådata, eventuelt renses, aggregeres, prepareres og struktureres. Dette kan bygges på en Data Mesh-arkitektur hvor eierskap og ansvar overføres til domeneeksperter og tilbys som «dataprodukter» med solid datastyring som fremmer samarbeid og synergier ved økt bruk av data i organisasjonen.
- **Dataprosesseringslag:** Videre prosessering av data med datakatalog, prosesseringskraft for analysejobber og AI/ML-kapasiteter. Dataprosessering vil i økende grad desentraliseres og distribueres til *edge* for prosessering nær datakildene.
- **Digitalt tvilling-lag:** Et lag eller system for administrasjon og orkestrering av digitale tvillinger.

- **Visualiseringslag:** Et eller flere lag for visualisering, administrasjon og intuitiv navigering i tilgjengelige data, datamodeller og digitale tvillinger på tvers av domener og bruksområder.
- **Applikasjonslag:** Applikasjoner og pakkede forretningsfunksjoner som kan settes sammen til løsninger. Et eksempel kan være et digitalt vedlikeholdssystem for tilstandsbasert overvåking.
- **Økosystem:** Et lag for sikker deling av data med eksterne partnere og kunder, utveksling av digitale tvillinger og etablering av forretningsmodeller basert på data eller innsikt.



Figur 20 Konseptuell arkitektur som kombinerer OT og IT funksjonalitet for datadrevne operasjoner, kompatibel med ISA95 og Industri 4.0 prinsipper (Ref: Siemens).

Konkrete brukseksempler:

- **Prediktivt vedlikehold:** Bruk sanntidsdata og maskinlæring for å forutsi maskinfeil og planlegge vedlikehold, noe som reduserer nedetid og kostnader.
- **Prediktiv kvalitetskontroll:** Analyser data fra produksjonslinjen for å identifisere kvalitetsavvik og justere prosessen i sanntid for å sikre kvalitetsstandarder.
- **Sporbarhet og genealogi:** Dette innebærer sporing og dokumentasjon av produktets opprinnelse, inkludert råmaterialer, komponenter og produksjonsdata. Ved å ha en detaljert oversikt over alle transaksjoner kan man sikre høy kvalitet, overholde standarder og optimalisere produksjonsprosesser. Dette bidrar til å redusere energiforbruk og minimere svinn.
- **Verdikjedeoptimalisering:** Dataplattformer kan integreres med leverandør- og logistikkdata for å optimalisere forsyningskjeden. For eksempel kan en plattform analysere data for å forutsi etterspørsel, justere produksjonsplaner og lagerbeholdning, noe som forbedrer effektiviteten og reduserer avfall. Dette sikrer en mer strømlinjeformet og responsiv forsyningskjede.
- **Digitale tvillinger og metavers:** Digitale tvillinger er virtuelle representasjoner av fysiske prosesser eller maskiner. De kan kjøres parallelt med den virkelige prosessen og mates med sanntidsdata og simulert data for å evaluere ulike scenarier. Dette gir mer presis beslutningsstøtte. VR/AR-teknologi kan brukes for å visualisere utstyr og prosesser på en virkelighetsnær måte, noe som forbedrer operasjoner, samarbeid og opplæring.
- **DataOps:** DataOps er et konsept utviklet for å strukturere og tilgjengeliggjøre data, forbedre kommunikasjon, integrasjon og automatisering av dataflyt. DataOps-verktøy kobler sammen datapipelines på tvers av systemer, noe som gjør data mer tilgjengelige og enklere å analysere. Dette bidrar til bedre datahåndtering og analyse på tvers av organisasjonen.

IT/OT (informasjonsteknologi / operasjonell teknologi)

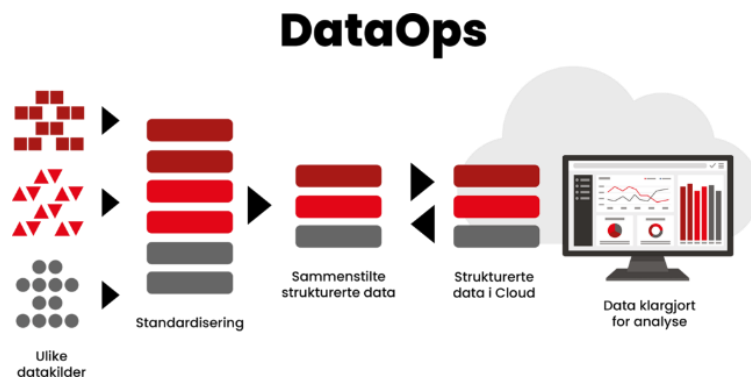
IT/OT-konvergens refererer til integrasjonen av informasjonsteknologi (IT) og operasjonell teknologi (OT) for å optimalisere industrielle operasjoner. Dette innebærer å koble driftsteknologi sammen med informasjonsteknologi på en sikker og robust måte som ivaretar cybersikkerhet og operasjonelle krav. Dette er essensielt for å kunne skalere digital adopsjon. Trender i årene fremover vil inkludere hybride systemer som opererer sømløst fra *edge* til sky, for å utnytte operasjonelle systemer, data og applikasjoner mer effektivt. Samtidig vil relevant data fra industrielle operasjoner og produksjon bli gjort tilgjengelig for flere instanser, slik at man kan optimalisere på tvers av verdikjeden.

I løpet av de neste fem årene, frem mot 2030, vil man sannsynligvis bygge nye systemer basert på den tradisjonelle modellen for Industri 3.0. Dette innebærer IT og automasjon i henhold til Purdue-modellen og ISA-95^c. Årsaken er at disse etablerte standardene ivaretar både struktur og cybersikkerhet, og at de fleste industribedrifter allerede har bygd sine IT- og OT-systemer rundt dem.

Nye standarder for IT/OT-konvergens, som NAMUR Open Architecture, bygger videre på eksisterende standarder. NAMUR Open Architecture (NOA) er et konsept utviklet for å gjøre produksjonsdata lett tilgjengelig og sikre for overvåking og optimalisering av anlegg og eiendeler. NOA tar sikte på å overføre data over en sekundær kommunikasjonskanal uten å påvirke de tradisjonelle automatiseringsstrukturene. Dette gjør det mulig å bruke NOA både i eksisterende systemer og nye installasjoner. Industribedrifter som ennå ikke har fullført overgangen til Industri 3.0, bør fokusere på å implementere automasjon og IT-systemer. Samtidig kan de dra nytte av elementer fra Industri 4.0 for å skape merverdi.

DataOps

DataOps er et nytt digitalt konsept for industrien, utviklet for å møte behovene knyttet til dataarkitektur i forbindelse med Industri 4.0, digital transformasjon og smart produksjon. DataOps, som står for Data Operations, beskriver en metodikk for å forenkle dataarkitekturen, slik at industrielle data blir mer tilgjengelige og enklere å analysere. Denne løsningen bidrar til effektiv dataintegrasjon og tilbyr skalerbar infrastruktur for prosjekter innen Industri 4.0 og digitalisering. En av de viktigste fordelene med DataOps er at det forenkler overgangen fra en «proof of concept» til fullskala implementering med flere produksjonslinjer og fabrikker. DataOps standardiserer og normaliserer datasett, og kan tilpasses ulike behov samt integreres med eksisterende systemer. Dette gjør det mulig å bruke en enhetlig datastruktur på tvers av forskjellige datakilder og generasjoner av OT-utstyr.



Figur 21 DataOps

DataOps kombinerer ulike datasett fra flere kilder for å gi kontekst til dataene. Dette gjør det enklere å sammenstille produksjons- og vedlikeholdsdata for å analysere, forstå og eventuelt forutsi hendelser i produksjonsprosessen. Denne evnen er avgjørende for å lykkes med implementeringen av kunstig intelligens (KI) i industrien.

^c Purdue-modellen, er en referansemødel utviklet på 1990-tallet for å strukturere industrielle kontrollsystemer (ICS). ISA-95 er en internasjonal standard for å integrere logistikk- og produksjonskontrollsystemer.

Robotikk

Roboter vil spille en stadig viktigere rolle i prosessindustrien, hvor de vil overta oppgaver som hittil har krevd manuelt arbeid. Dette inkluderer materialhåndtering, inspeksjon og vedlikehold i krevende miljøer. Bruken av roboter kan knyttes til de fire D'ene i robotikk: *Dirty, Dangerous, Dull og Difficult*.

- **Dirty:** Roboter kan utføre oppgaver i skitne eller forurensede miljøer, som rengjøring av utstyr eller håndtering av farlige kjemikalier, noe som reduserer risikoen for operatører.
- **Dangerous:** Roboter kan operere i farlige situasjoner, som ved høye temperaturer, ekstreme trykk eller i eksplosive atmosfærer, og dermed beskytte arbeidere mot potensielle skader.
- **Dull:** Roboter kan ta over monotone og repetitive oppgaver, som montering eller pakking, som ofte fører til tretthet og feil hos ansatte.
- **Difficult:** Roboter kan utføre komplekse og krevende oppgaver som krever høy presisjon eller arbeid i utilgjengelige områder, som inspeksjon av rørledninger eller vedlikehold av maskiner i trange rom.

Ved å integrere roboter i disse rollene, kan industrien oppnå høyere effektivitet, forbedret sikkerhet og økt produktivitet, samtidig som de frigjør menneskelige ressurser til å fokusere på verdiskapende oppgaver.

Norge ligger godt under gjennomsnittet for antall operasjonelle roboter, med 103 per 10.000 ansatte, sammenlignet med det globale snittet på 151 og det europeiske snittet på 136. Samtidig har Norge nylig hatt en positiv utvikling, med en økning på 14 % fra 2021 til 2022, noe som er høyere enn gjennomsnittet for Europa og Skandinavia, som er henholdsvis 8 % og 7 %. I norsk prosessindustri varierer veksten fra 40 % innen «glass, stein og keramikk» til 16 % i «polymerer og kjemikalier».

Norge er rangert som nummer 107 av 133 land på indeksen "High-Tech Imports," som måler på hvilket nivå en økonomi importerer avansert teknologi for å bygge og tilegne seg kunnskap. På indeksen "Labor Productivity" som vurderer hvordan kunnskap og teknologi øker arbeidsstyrkens effektivitet, inkludert gjennom robotisering, er Norge rangert som nummer 89 av 133 land⁶⁵.

Kunstig intelligens (KI) og robotikk er eksempler på "High Tech"-teknologier. Innen 2030 forventes det at bruken av roboter i prosessindustrien vil bli integrert med KI og avansert sensorikk. Dette vil bane vei for autonome systemer som kan reagere på produksjonsparametere i sanntid. For å utnytte denne muligheten og opprettholde konkurransekraften, er det avgjørende at norsk industri adopterer "High Tech"-teknologier i et raskere tempo.

Selv om Norge ikke markerer seg med høy tetthet av industrielle roboter finnes det eksempler på nye robotløsninger som er utviklet i norsk prosessindustri i samarbeid med leverandører, eksempelvis:



Figur 22 Roboter som håndterer produkt fra den nye elektrolyseprosessen for kobber ved Glencore Nikkelverk i Kristiansand Foto: Enova

- **Glencore** – robotisert håndtering av elektroder for en energieffektiv produksjonsprosess.
- **Jotun** - robotisert palletering for å effektivisere stabling av produkter på pall.
- **Elkem** - innovasjonskontrakt med MOMEK Invest for utvikling av TappingMate®, en robotisert løsning for tapping av metall fra smelteovner.

Digitale produktpass

Det europeiske digitale produktpasset (DPP) er en ny regulering, og krever i fremtiden at nesten alle produkter som selges i EU skal ha et digitalt produktpass. Dette initiativet har som mål å øke transparens i produktverdikjeder ved å gi omfattende informasjon om hvert produkts opprinnelse, materialer, miljøpåvirkning og anbefalinger for avhending. DPP vil inkludere essensielle detaljer som en unik produktidentifikator, samsvarsdokumentasjon og informasjon om farlige stoffer. DPP er dermed en strukturert samling av data med en unik ID, knyttet til en spesifikk vare eller produktbatch.⁶⁶ DPP øker transparens og sporbarhet i verdikjeder eller når produkter krysser mellom regulatoriske soner. DPP kan i fremtiden bli en sentral komponent i sporing, kartlegging og avgifts-styring av klimautslipp.

Det regulatoriske rammeverket er forankret i Økodesignforordningen for bærekraftige produkter (ESPR)⁶⁷ har som mål at produkter som faller innunder deres fokusområder skal ha DPP. I løpet av 2026 skal man definere når de ulike markedsområdene må oppfylle krav til DPP, og gir dermed bedrifter en definert tidslinje for å tilpasse seg og overholde de nye standardene (TechInformed, 2024). Både EU-produserte og importerte produkter må overholde DPP-kravene, noe som påvirker bedrifter globalt.⁶⁸

DPP beskrives som et sentralt verktøy for fremtidens satsning innen ressursutnyttelse av produkter og materialer. Alle råvarer og komponenter skal bli koblet sammen i en *blockchain*-struktur for hvert enkelt produkt. Dette synliggjør produktets innhold og opprinnelsen til alle dens komponenter. Foruten sirkulærøkonomi gir dette også oversikt over energiforbruk, CO₂ utslipp, avfall, kritiske materialer etc. Ved hjelp av DPP kan man også sikre verdikjeder med hensyn til oppfyllelse av miljøkrav og etisk handel. Produkter kan eventuelt stoppes inn til EU markedet basert på informasjon i DPP.

Eramet har de siste tre årene arbeidet med sporbarhet og har lansert et sporbarhetsverktøy for mineralisert sand. Nå utvikler de sporbarhet for manganlegeringer, som er spesielt relevant for de norske fabrikkene i konsernet. Verktøyet gir CSR-informasjon for hver leveranse og KPI'er for produksjonsanlegg. Ved å bruke *blockchain*-teknologi forenkles fremtidige revisjoner av verktøyet. Eramet har designet plattformen med tanke på fremtidige forskrifter, kunde krav og for å øke åpenheten for kundene. Eramet opplever økende interesse fra kunder angående deres CSR-praksis, fra «vugge-til-port»-data per tonn manganlegeringer til mer detaljert informasjon om verdikjeden. Spesielt bilindustrien presser på for mer åpenhet, noe som påvirker stålprodusenter som samarbeider med Eramet. Dette initiativet er i tråd med selskapets CSR-strategi og forpliktelse til bærekraft.

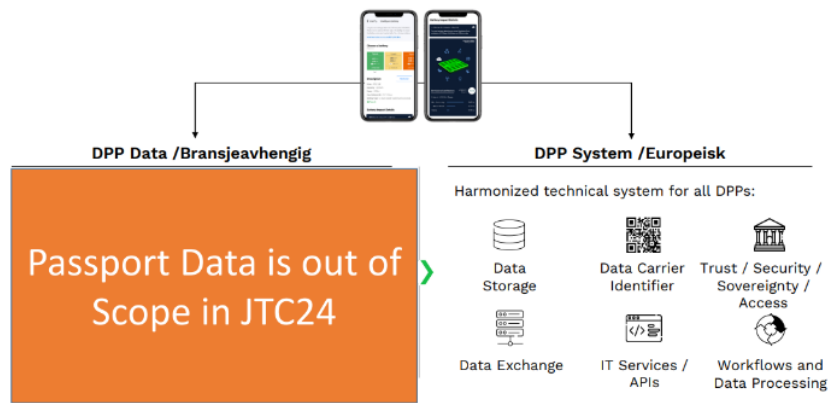
EUs batteriforordning krever allerede produktpass og Økodesignforordningen for bærekraftige produkter (ESPR) sikter mot implementering av digitale produktpass.

CIRPASS⁶⁹ er et samarbeidsinitiativ for å legge grunnlaget for gradvis pilotering og implementering av et standardbasert Digitalt Produktpass (DPP) i samsvar med kravene i forslaget til økodesignforordningen for bærekraftige produkter (ESPR), med et initialt fokus på elektronikk-, batteri- og tekstilsektorene. CIRPASS er finansiert av Europakommisjonen under Digital Europe-programmet.

Veikartet dekker syvårsperioden fra 2024 til 2030 og er delt inn i to underperioder for praktiske formål:

- **2024-2027:** Denne perioden kalles "DPP forberedelsesfasen". I løpet av denne tiden vil DPP bli introdusert for den første produktgruppen, nemlig batterier, og muligens også tekstiler. Veikartet vil være mer faktabasert i denne perioden, ettersom mange utviklinger allerede finner sted.
- **2028-2030:** Denne perioden kalles "DPP spredningsfasen". I løpet av disse tre årene forventes DPP å bli introdusert for flere produktgrupper. Denne listen inkluderer jern og stål, aluminium, tekstiler, klær, møbler, dekk, maling, kjemikalier, energirelaterte produkter, IKT-produkter og annen elektronikk.

CENELEC er et standardiseringsorgan som er opprettet av EU.⁷⁰ De har nå gitt oppdraget til Joint Technical Committee 24 (JTC24) å standardisere DPP-systemet. Dette inkluderer alle funksjoner unntatt produktrelatert innhold, som hvordan data skal lagres, hvor det skal lagres, hvordan det skal beskyttes, tilgang til data, og definering av semantikk. Arbeidet skal være fullført innen utgangen av 2025 og vil bli lovpålagt i begynnelsen av 2027. Hvilken informasjon som skal lagres, overlates til bransjeforeninger innenfor de ulike produktområdene, med retningslinjer fra ESPR. Standard Norge har opprettet en speilkomite som følger det europeiske arbeidet.⁷¹ Dette arbeidet begynte i februar 2024 og har til hensikt å ta være på den norske industrien interesser.



Figur 23 Standardisering av DPP system

Det digitale produktpasset for Industri (DPP4.0 kombinerer DPP med regulatoriske data og alle andre krav til obligatorisk dokumentasjon, inkludert sertifikater, CE-dokumentasjon, datablader og brukerinformasjon.⁷² DPP4.0 er et bransjespesifikt verktøy som formidler produktinformasjon i et format som både mennesker og maskiner kan lese. Ved å bruke DPP4.0 blir viktig produktinformasjon lett tilgjengelig, noe som sikrer at alle parter har tilgang til nøyaktig og oppdatert informasjon. Dette kan forbedre sporbarhet, samsvar med reguleringer og øke produktiviteten i industriprosesser.

Industri 5.0 og prosessindustrien

Industri 5.0 representerer et skifte mot en mer bærekraftig, robust og menneskesentrert (Sustainability, Resilience og Human Centric) tilnærming til produksjon.⁷³ I motsetning til Industri 4.0, som fokuserte på automatisering og digitalisering, legger Industri 5.0 vekt på samarbeid mellom mennesker og avanserte teknologier. Dette nye industrielle paradigmet har som mål å styrke de ansattes rolle, gjøre dem sentrale i produksjonsprosessen, samtidig som teknologier som AI og robotikk brukes til å støtte og forsterke menneskelige evner. Målet er å skape et mer tilpasningsdyktig og responsivt produksjonsmiljø som bedre kan møte samfunnsutfordringer og forbedre den generelle velferden.

Nøkkelaspekter ved Industri 5.0 inkluderer bærekraft, der bedrifter streber etter å minimere sin miljøpåvirkning, og robusthet, som fokuserer på å bygge robuste systemer som kan tåle forstyrrelser. I tillegg sikrer den menneskesentrerte tilnærmingen at teknologiske fremskritt brukes til å forbedre arbeidsforholdene og styrke ansatte, i stedet for å erstatte dem. Denne helhetlige tilnærmingen har som mål å øke produktiviteten og effektiviteten, samtidig som den fremmer et mer inkluderende og bærekraftig industrielt økosystem.

Den samfunnsmessige betydningen av prosessindustrien er betydelig, og da spesielt den dokumenterte økonomiske, der ringvirkningene sprer seg i store deler av landet. Ikke minst den særlig store betydningen for vertskommuner og nabokommuner.^{18,19} Industri 5.0 setter dette sammen og er et viktig konsept der man fokuserer at den samfunnsmessige betydningen må ta inn over seg både de positive (eks. arbeidsplasser, økonomi) og negative effektene, (eks. miljø), av virksomheten.

Risiko som følge av digitalisering i prosessindustrien

"Digitalization is the cause of large-scale and sweeping transformations across multiple aspects of business, providing unparalleled opportunities for value creation and capture, while also representing a major source of risk"

– World Economic Forum: Digital transformation of Industries

Prosessindustrien gjennomgår betydelige endringer som følge av den raske utviklingen innen digital teknologi. Digitalisering har ført til økt effektivitet, forbedret kvalitet og reduserte kostnader. Samtidig bringer denne teknologiske fremgangen med seg en rekke risikoer som må håndteres nøye. I et stadig mer sammenkoblet digitalt industrielt miljø er det en økende forståelse for behovet for en helhetlig tilnærming til håndtering av trusler fra cyberdomenet.

Historisk sett har fokuset vært på IT-risiko, mens risiko knyttet til operasjonelle teknologier (OT-risiko) har blitt betraktet som annerledes og kanskje ikke fått like mye oppmerksomhet. Fra cybersikkerhetstrusler til systemfeil og menneskelige feil, står industrien overfor utfordringer som krever grundig risikovurdering og robuste tiltak.

Norske myndigheter har iverksatt en rekke tiltak for å møte de økende sikkerhetstruslene som følger med økt digitalisering i samfunnet, inkludert Nasjonal strategi for digital sikkerhet ⁷⁴ og Nasjonalt digitalt risikobilde ⁷⁵. Flere av disse initiativene gir også verdifulle råd til næringslivet.

Nye risikofaktorer, som vi ikke kjenner til i dag, vil oppstå. Disse må håndteres innenfor det eksisterende rammeverket etter hvert som de oppstår. Dette kapitlet beskriver kjente risikoer knyttet til digitalisering og hvordan de kan påvirke prosessindustrien. På et overordnet nivå er det to hovedproblemstillinger knyttet til risiko ved digitalisering:

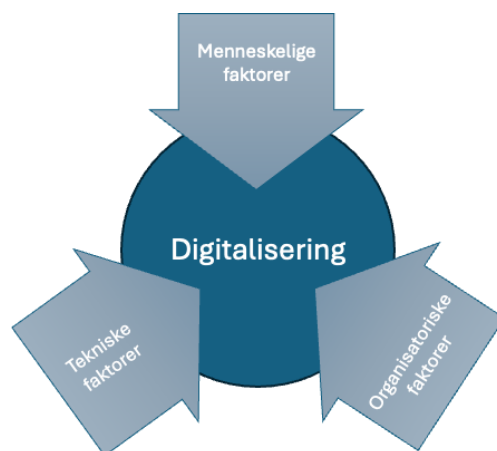
- **Risiko ved å bli digitalisert:** Hvilke risikoer oppstår når man har digitalisert?
- **Risiko for at man ikke lykkes med digitaliseringen:** Hvilke risikoer kan forhindre eller forringe selve digitaliseringen?

I samsvar med ekspertgruppens mandat beskriver dette kapitlet kjente risikoer knyttet til digitalisering, med fokus på hvordan de kan påvirke prosessindustrien. Det er viktig å understreke betydningen av riktig kompetanse for å lykkes med digitalisering. Kapitlet om kompetanse gir anbefalinger om hvilken kunnskap industriselskapene bør prioritere.

Metode

Ekspertgruppen har gjennomført flere arbeidsmøter for å samle inn informasjon fra ulike kilder. Det ble lagt stor vekt på å få fram synspunkter fra både industrien, academia og leverandører til industrien. Informasjonen som ble samlet inn, ble deretter analysert og systematisk kategorisert for å identifisere mønstre, behov og utfordringer i forhold til mandatet. Denne prosessen la grunnlaget for videre arbeid og sikret at alle relevante perspektiver ble tatt i betraktning.

For å kategorisere risikoer og knytte dem til bedrifter benytter gruppen "Mennesket-Organisasjon-Teknologi (MOT)-modellen", som vist i Figur 24. Denne helhetlige tilnærmingen fremhever samspillet mellom mennesker, organisatoriske strukturer og teknologiske systemer i en bedrift, spesielt knyttet til risiko ved digitalisering. I norsk prosessindustri gir denne modellen et rammeverk for å håndtere de komplekse utfordringene som følger med digitalisering, med særlig fokus på menneskelig sikkerhet.



Figur 24 Modell for analyse av risikoer ved digitalisering⁵⁶

- **Menneske:** Ansattes roller, egenskaper og samspill i en digitalt utviklende arbeidshverdag.
- **Organisasjon:** Organisasjonens struktur, kultur og prosesser må tilpasses for å støtte digitalisering. Ledere spiller en nøkkelrolle i å fremme en kultur for innovasjon og samarbeid.
- **Teknologi:** Digitalisering introduserer avanserte teknologier. MOT-modellen legger vekt på at teknologi må integreres på en gjennomtenkt måte for å gi verdi for bedriften.

Menneskelige faktorer

Menneskelige risikofaktorer handler om at mennesker gjør feil, enten med vilje eller med uhell. I en digitalisert prosessindustri kan menneskelige feil, enten bevisste eller ubevisste, utgjøre en betydelig risiko. Digitale arbeidsoppgaver innebærer ofte lang tid foran skjerm, med rutinemessig overvåking eller registrering av data. Dette kan føre til mental tretthet og redusert oppmerksomhet, spesielt ved monotone oppgaver. Slike forhold øker risikoen for feil som ikke oppdages i tide, da mennesker ofte utfører rutinearbeid "automatisk" uten å reflektere over handlingene.

I digitaliserte prosessmiljøer er det avgjørende å forstå hvordan menneskelige feil kan påvirke både fysiske og digitale systemer. For eksempel kan feiltolkning av data i kontrollsystemer føre til feil i styringen av produksjonsutstyr, noe som kan få alvorlige konsekvenser for både sikkerhet og produktivitet.

Design av brukergrensesnitt spiller en nøkkelrolle i å redusere risiko. Intuitive grensesnitt som gir klare varsler og prioriterer kritisk informasjon, kan redusere belastningen på operatører og bidra til raskere oppdagelse av feil. Kombinert med tiltak som opplæring og automatiserte feildeteksjonssystemer, kan dette minimere risikoen knyttet til menneskelige feil i digitaliserte prosesser. Et godt designet system er ikke bare effektivt, men også tilpasset menneskets begrensninger og behov.

Mennesker har en naturlig tilbøyelighet til å forenkle arbeidshverdagen og velge enkleste vei når det er mulig, noe som kan øke risikoen for avvik fra etablerte rutiner. Innføring av digitale løsninger kan begrense dette handlingsrommet, da automatisering og mer strømlinjeformede prosesser gir færre muligheter til å ta snarveier.

Samtidig kan digitalisering introdusere nye utfordringer. Feil i data eller systemer kan føre til misvisende beslutningsgrunnlag og uønskede hendelser i prosessene. Dette blir særlig krevende dersom ansatte arbeider fysisk fjernt fra selve datagrunnlaget og dermed har begrenset mulighet til å oppdage og korrigere feil i tide.

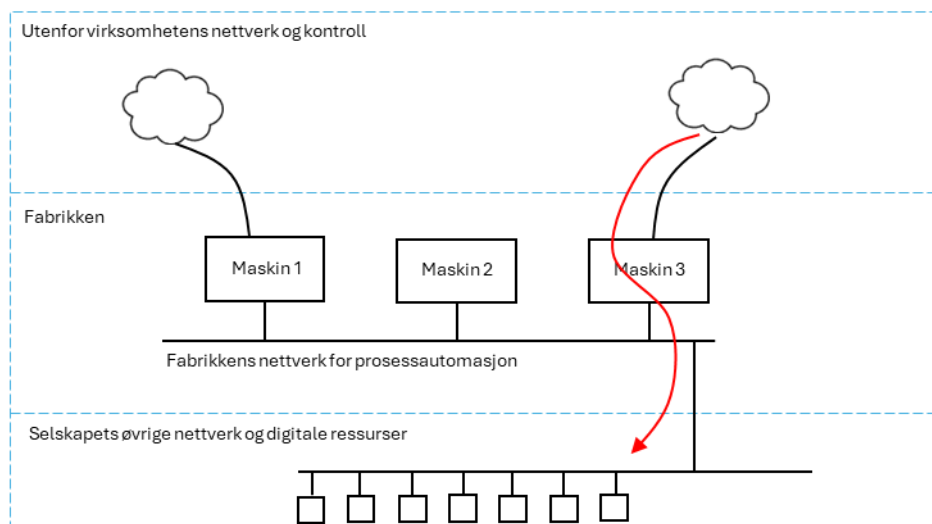
Hovedpoenget er at menneskelige faktorer fremdeles spiller en sentral rolle i en digitalisert industri. Ved å erkjenne og forstå disse tendensene kan man bedre tilpasse systemer, opplæring og endringsledelse, slik at både sannsynligheten for feil og skadevirkningene av disse reduseres. På denne måten respekteres de ansattes behov, samtidig som man oppnår et sikrere og mer pålitelig arbeidsmiljø.

Organisatoriske faktorer

Avhengigheter i uoversiktlige nettverk

Industribedriftenes digitale nettverk består av interne og eksterne komponenter som samhandler i komplekse mønstre. Stordriftsfordeler med datasentre, konsentrasjon av tjenester hos få, høyt spesialiserte leverandører, og andre faktorer bidrar til økt bruk av eksterne komponenter. Skybaserte løsninger, der programvaren leveres som en tjeneste over internett, erstatter løsninger som hver bedrift tidligere måtte installere og vedlikeholde lokalt. Denne utviklingen innen IT er utbredt i mange sektorer.

Industrielskaper opplever nå at leverandører av produksjonsutstyr også tilbyr programvare for overvåking og optimalisering. Denne programvaren kjører vanligvis på leverandørens infrastruktur eller i datasentre, og utstyret kobler seg direkte til programvaren, ofte via mobildata.



Figur 25 Komponenter utenfor virksomhetens kontroll med tilgang til det interne nettverket via produksjonsutstyr

Slike komplekse, uoversiktlige digitale nettverk eksponerer oss for flere kategorier sårbarhet ⁷⁶:

- **Virksomhetskritiske komponenter og data kan bli utilgjengelige** på grunn av faktorer som bedriften ikke har kontroll over. Leverandøren av komponenten eller nødvendig infrastruktur kan rammes av et cyberangrep, teknisk havari, konkurs eller andre forhold som påvirker tilgjengeligheten.
- **Trusselaktører kan ramme virksomheten** ved å utnytte sårbarheter hos leverandøren. Dette kan inkludere tap av informasjon som lagres i leverandørens infrastruktur, eller innføring av ondsinnet programvare via leverandørens tilganger til bedriftens nettverk.
- **Leverandøren kan bruke bedriftens data på utilsiktede måter.**

Bedriftene bør ha et aktivt forhold til de digitale komponentenes kritikalitet og sårbarhet, samt sikre å ha relevant kompetanse og kapasitet ved implementering av større endringer også ut i driftsorganisasjoner.

Risiko for manglende etterlevelse av regelverk og etiske rammer

Digitaliseringen i norsk prosessindustri innebærer økt bruk av data, automatiserte prosesser og kunstig intelligens (KI). Samtidig stiller nasjonale og internasjonale regelverk stadig strengere krav til hvordan data behandles, lagres og brukes. Regelverksbrudd kan medføre alvorlige økonomiske sanksjoner, tap av omdømme og økte kostnader knyttet til tilpasning og etterlevelse.

I perioden 2024–2026 vil flere lover, direktiver og forordninger bli innarbeidet i nasjonal lovgivning og gjort gjeldende. Mange av disse vil påvirke norske industriselskaper. Her er noen viktige områder selskapene må forholde seg til:

- **Brudd på GDPR** kan resultere i bøter på opptil 20 millioner euro eller 4 % av global omsetning.⁷⁷ Industriselskaper må sikre at de opererer innenfor lovverket ved behandling, deling og lagring av personopplysninger, samt ved overvåking av ansatte.
- **Datatilsynet offentliggjør vedtak** som inkluderer informasjon om saker hvor tilsynet har konkludert med brudd på Personvernforordningen, og eventuelle sanksjoner. Listen over vedtak med betydelige GDPR-bøter inkluderer både norske og internasjonale selskaper i flere bransjer.⁷⁸
- **EUs AI Act** klassifiserer KI-systemer etter risikonivå, der høy-risiko-systemer (for eksempel prediktiv analyse som påvirker helse og sikkerhet) vil møte strenge krav til transparens, testing og dokumentasjon. Brudd kan føre til bøter tilsvarende nivåene i GDPR.
- **Cybersikkerhetsdirektiver (NIS2)** medfører krav om sikring av kritisk infrastruktur, der brudd kan føre til sanksjoner og pålegg om tiltak for å bedre sikkerheten.
- **Prosessindustrier må i økende grad rapportere om bærekraftsmål** og data knyttet til miljøpåvirkning. Feil eller mangler kan føre til juridiske konsekvenser og redusert tillit fra investorer og samarbeidspartnere.

Selskaper bør forholde seg proaktivt til disse og tilsvarende regulatoriske krav ved å etablere klare rutiner for samsvar og risikohåndtering.


Tekniske faktorer

I prosessindustrien er det avgjørende å opprettholde høy produktivitet, noe som må reflekteres i de digitale løsningene som tas i bruk. Feil i slike løsninger, spesielt de som er knyttet til kritiske prosesser, kan føre til store økonomiske tap og ha negativ innvirkning på helse, miljø og sikkerhet. I tillegg er det en betydelig risiko for å miste immaterielle rettigheter gjennom digitale kanaler, særlig ved økt datadeling eller eksterne partnerskap. Det er derfor essensielt å gjennomføre en grundig risikovurdering før nye løsninger tas i bruk.

Konvergering av IT/OT, det vil si å koble driftsteknologi sammen med informasjonsteknologi på en sikker og robust måte som ivaretar cybersikkerhet og operasjonelle krav, er essensielt for å kunne skalere digital adopsjon. Trender i årene fremover vil være hybride systemer som opererer sømløst fra *edge* til sky, for å nyttiggjøre operasjonelle systemer, data og applikasjoner på en mer effektiv måte. Samtidig vil dette gjøre relevant data fra industrielle operasjoner og produksjon tilgjengelig for flere instanser, slik at man kan optimalisere på tvers av verdikjeden.⁷⁹

IT/OT cybersikkerhet – risiko i høyt automatiserte fabrikker og forsyningskjeder

I løpet av de siste årene har det vært flere cyberangrep på industribedrifter i Norge. Blant de største og mest kjente er angrepet mot Hydro den 19. mars 2019. Selv om angrepet ikke direkte påvirket produksjonsprosessene, var konsekvensene for selskapet betydelige.



HYDRO ANGREP KOSTET NÆR 750 MILL. KRONER

Hackerangrepet mot Hydro i 2019 er det mest kjente av store angrep mot private norske selskaper. Det rammet IT-systemene i flere av Hydros divisjoner.

Angrepet førte til at produksjonen ved flere aluminiumsanlegg over lengre tid enten stod stille eller at deler av driften måtte kjøres manuelt.

Hackerangrepet kostet Hydro mellom 650-750 millioner kroner. (jfr. *Aftenposten* 16.10.2020).



Figur 26 Cyberangrep mot Hydro, 19. mars 2019

Hendelsen var en vekker for alle norske selskaper med tanke på datasikkerhet og sårbarheten for ondsinnede dataangrep, og har bidratt til at cybersikkerhet er høyt på dagsorden hos norske industribedrifter. Angrep på kontrollsystemer i industrien kan stanse produksjonsprosesser, skade utstyr, påvirke helse, miljø og sikkerhet, samt ha betydelige økonomiske konsekvenser for den enkelte virksomhet. En annen risiko er knyttet til planting av sårbarheter som kan utnyttes ved ytterligere eskalering eller nye konflikter. Derfor har beskyttelse av disse teknologiene og forbedring av deres motstandskraft også blitt et spørsmål om nasjonal sikkerhet. Denne sikkerhetsutfordringen forsterkes av økende bruk av digitale løsninger med omfattende integrasjon, både internt og eksternt.

Tradisjonelt har aktører i prosessindustrien valgt lukkede løsninger, hvor leverandøren bruker proprietære standarder som skaper mer lukkede systemer. Dette gir økt sikkerhet og reduserer faren for datainnbrudd, men representerer samtidig en barriere for digitalisering. Høy grad av digitalisering medfører at underleverandører, produsenter, kunder og konsumenter kobles tettere sammen i digitale verdikjeder. Overgang til skyløsninger, økt bevissthet om eierskap til produksjonsdata, og samtidig støtte behovene for deling av data øker faren for cyberangrep. Potensielle muligheter for en angriper til å trenge inn i en virksomhet blir større, noe som forsterkes ved at cyberangripere også blir mer sofistikerte i å identifisere svakheter i det som best kan beskrives som "hyperkoblede industrielle miljøer". Cyberrisikoen kan derfor øke med antallet sammenkoblede systemer og enheter. For å identifisere og redusere risikoer i "hyperkoblede industrielle miljøer" kreves det samarbeid på tvers av organisasjoner.

Grenseskillet mellom tradisjonelle IT-systemer og systemer for prosesskontroll (OT) blir stadig mer visket ut. Dette fører til at totaliteten blir mer kompleks, med flere delsystemer som må holdes oppdatert. De strenge kravene til kontroll av endringer innen prosesskontroll gjør det utfordrende å holde seg oppdatert med de nødvendige sikkerhetsoppdateringene som IT-systemer krever. I tillegg krever sikring og vedlikehold av IT-systemer en annen kompetanse som ofte ikke er til stede i tradisjonelle OT-systemer.

En annen viktig risikofaktor er at økt bruk av anskaffede digitale systemer og verktøy fører til større avhengighet av tredjepartsleverandører. Et cyberangrep på en leverandør eller kunde kan raskt også påvirke selskapet. Et eksempel er SolarWinds-angrepet i 2020, hvor en sårbarhet i et mye brukt IT-verktøy ble utnyttet til å angripe 18.000 kunder av SolarWinds.⁸⁰ Tap av data og nedetid for å gjenopprette systemene er estimert til over 100 millioner kroner i gjennomsnitt per selskap. Et annet eksempel er Airbus-angrepet i 2023, hvor en kompromittert bruker hos en kunde av Airbus ble brukt til å hente ut sensitive data fra Airbus.⁸¹

Sannsynligheten for å oppleve dataangrep øker for hvert år. Utviklingen innen metoder og verktøy for datakriminelle går raskt, og få virksomheter har tilgang til tilstrekkelige ressurser internt for å stå imot. Den tradisjonelle forebyggende tilnærmingen til informasjonssikkerhet, som fokuserer på å ligge i forkant og tette alle mulige sikkerhetshull, er ikke lenger tilstrekkelig. Denne metoden skalerer ikke for å møte stadig nye utfordringer og trusler.

Som et resultat har en rekke IT-sikkerhetsselskaper begynt å bruke begrepet "cyber resilience" fremfor cybersikkerhet, for å fokusere på evnen til å håndtere stress og katastrofer. Innen cybersikkerhet representerer dette et skifte hvor virksomheter erkjenner at nye angrep vil skje. Sikkerhetsstyringen utvides fra bare å være opptatt av hva som kan gå galt og håndtere avvik, til i større grad å konsentrere seg om å begrense skadeområdet ved kompromittering ved hjelp av intelligent deteksjon og varsling.

I Europa utformes det en rekke lover og retningslinjer med mål om å redusere truslene fra cyberdomenet. Eksempler på dette er NIS2⁸², Cyber Resilience Act⁸³ og Cyber Security Act⁸⁴.

Det er mange muligheter for hacking og angrep fordi både bedrifter og leverandører befinner seg i en lærefase. Se for eksempel *Industrial Cybersecurity* for mer informasjon om cybersikkerhet.⁸⁵ *Veikart for cybersikkerhet i norske industribedrifter på vei mot Industri 4.0*⁸⁶ gir et godt grunnlag for sikkerhetsarbeidet.

Operasjonell kompleksitet

Implementeringen av avanserte digitale systemer innen prosesskontroll øker kompleksiteten i styringen av produksjonsprosessene. For operatørene kan dette imidlertid virke enklere, ettersom kompleksiteten blir håndtert av de digitale systemene. Slike systemer introduserer en tilleggskompleksitet som kan påvirke stabiliteten til prosessene negativt, da flere delsystemer må fungere sammen. I tillegg vil en blanding av eksisterende systemer (teknisk gjeld) og nye digitale løsninger øke faren for avvik og ustabilitet i produksjonsprosessen.

Det er derfor viktig at prosessen fremdeles er forankret og forstått av de ansatte, og ikke overtatt av digitale systemer og KI. De ansatte må ha både nok kompetanse og informasjon til å ta beslutninger om driften, selv når det kommer motstridende eller ukjente signaler fra kontrollsystemene. Den økende kompleksiteten ved bruk av digitale systemer gjør det også vanskeligere for operatører og ingeniører å fullt ut forstå prosessen, da det krever spisskompetanse innenfor flere områder, som prosess, automasjon, digitale (IT) systemer, nettverk og kommunikasjon. Det må derfor bygges opp robuste tverrfaglige team som kan inneha den nødvendige kunnskapen.

Oppdatering av systemer for prosesskontroll har tradisjonelt blitt utført med sterk styring og kontroll, ofte i forbindelse med vedlikeholdsstopp. Med innføring av digitale (IT) systemer som påvirker prosesskontroll vil endringstakten økes, og dermed øke risikoen for ustabilitet i drift, da det kan være vanskelig å verifisere alle konsekvenser av endringene. Inkompatibilitet kan lett oppstå mellom komponenter, både mellom eksisterende og nye, men også mellom versjoner av samme komponent. Selv små endringer i et delsystem kan få store konsekvenser og føre til driftsforstyrrelser og nedetid. Hyppige endringer skaper også utfordringer for operatører og prosessingeniører, da de må holde seg oppdatert på alle endringene.

Økt bruk av digitale systemer til prosesskontroll gjør det vanskeligere å kjøre prosessene uten tilgang til disse systemene. Et utfall av et enkelt delsystem kan medføre at hele produksjonen stopper. Utfall av systemer er velkjent i IT-området, men har sjelden fatale konsekvenser. Innenfor prosesskontroll kan dette derimot ha katastrofale konsekvenser, og det er svært viktig å ha på plass rutiner for å håndtere slike situasjoner.

Utfordringer med datakvalitet

Matematiske modeller og avanserte analysemodeller er avhengige av data med god, eller i det minste kjent kvalitet. Dersom det er feil eller store (ukjente) mangler i dataene som leveres til modellene, kan dette føre til feil i prosesskontrollen, noe som kan resultere i at den ikke lenger kjøres optimalt, eller i verste fall blir ustabil eller stopper. Tilsvarende vil mangelfull datainnsamling medføre at viktig informasjon ikke tas med i beregningene, noe som vil forringe kvaliteten på beregningene.

Innsamling av data fra sensorer og digitale systemer til bruk i modeller, analyse eller optimering uten god styring og kontroll for å sikre kvaliteten, kan medføre mer skade enn nytte. Dette kan raskt føre til at operatører ikke lenger stoler på de digitale systemene, og eventuelt slutter å bruke dem.

Da kvaliteten på data vil variere over tid, er det viktig at modellene og beregningene klarer å håndtere slike avvik på en god måte. Uten grundige tester med bruk av data med avvik, vil utfordringene med modellene og analysene ikke bli avdekket.

Utfordring med anskaffelse og vedlikehold av digitale løsninger

Både fysiske komponenter og matematiske modeller som en del av et digitalt nettverk trenger kontinuerlig vedlikehold for å sikre optimal ytelse og bruk. Ofte blir det antatt at digitale løsninger fungerer uten kontinuerlig sjekk, vedlikehold og muligens reparasjon. Endringer på et IT-system et sted i prosessnettverket kan ha en uønsket effekt på et system i en annen del av fabrikk.

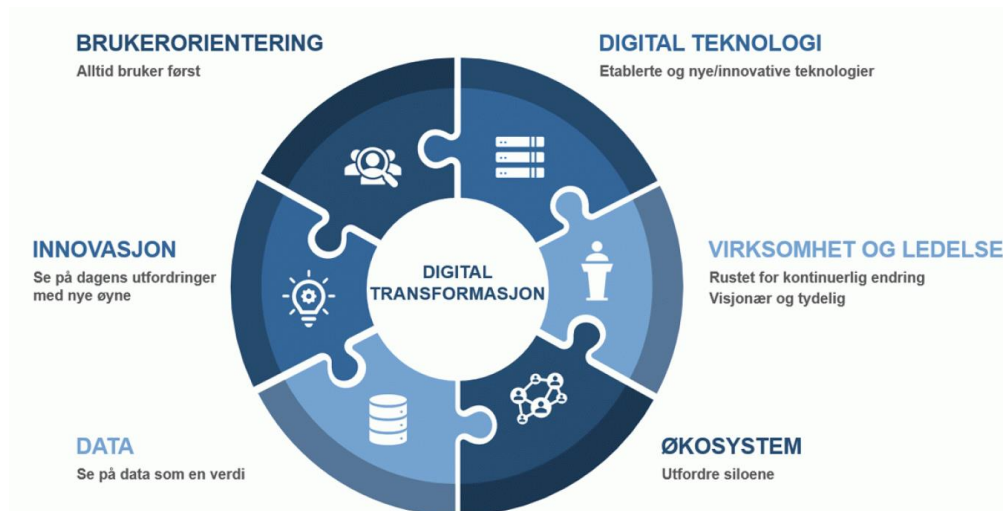
Digitale løsninger for prosessindustrien er i rask utvikling med mange aktører involvert. Dette har ført til utviklingen av flere delvis overlappende konsepter og standarder, noe som gjør det utfordrende å spesifisere krav ved anskaffelser. Ulike standarder kan føre til inkompatibilitet når systemer fra ulike leverandører skal integreres.

Økt total kompleksitet i de digitale systemene stiller stadig større krav til kompetansen hos dem som bestiller systemene. Dette gjelder både for nyinstallasjoner og ved større oppgraderinger og moderniseringer. Manglende kunnskap kan medføre økt risiko ved implementering. Det er viktig å unngå avhengighet til spesifikke leverandører og deres teknologier, da dette kan hindre eller vanskeliggjøre fremtidige digitaliseringsinitiativ.

Kompetansebehov ved økt digitalisering

Industrien gjennomgår transformasjoner innen bærekraft og digitalisering, noe som krever mye ny kunnskap. Det er avgjørende at ledelsen forholder seg til virksomhetens samlede digitale kompetanse og evne til å ta i bruk nye løsninger. Manglende kompetanse innen digitalisering kan føre til at beslutningstakere overvurderer effekten av ny teknologi og undervurderer hva som kreves for å innføre nye digitale løsninger i bedriften.

Digitaliseringsdirektoratet beskriver digital transformasjon som «en prosess, en stor endring, og et redesign av virksomheten på alle nivå». ⁸⁷ I følge Digitaliseringsdirektoratet omfatter digital transformasjon hovedtemaene som vises i figuren under.



Figur 27 Digitaliseringsdirektoratets digitale transformasjonshjul

Framtidens fabrikk er et strukturert samspill mellom avansert teknologi, smarte produksjonssystemer og kompetente arbeidere. Framtidens ledere må ha tilstrekkelig kunnskap om teknologiens muligheter og konsekvenser, og hvordan den i samspill med ansatte og produksjonsapparatet kan skape nye verdier for selskapet og deres kunder.

Videre handler digitalisering i økende grad om virksomhetsutvikling muliggjort ved bruk av teknologi, og påvirker derfor alle medarbeidere. For å lykkes må det bygges en kultur som fremmer nysgjerrighet og kontinuerlig læring. Den digitale transformasjonen krever sterk støtte og fokus fra ledelsen. For at norsk prosessindustri skal lykkes med digitalisering, er det nødvendig å styrke kompetansen rundt bruk av digital teknologi i alle lag av virksomheten.

Virksomhetens samlede digitale kompetanse må gjøre den i stand til å forstå hvordan nye teknologimuligheter påvirker arbeidsoppgaver, samhandling og kontinuerlig læring. Denne kompetansen må også kunne omsettes til en varig kultur for endring og utvikling. Mye forskning er gjort på hva som særpreger kulturen i organisasjoner som lykkes. Psykologisk trygghet, delingskultur, nysgjerrighet og praksis for å lære av feil er viktige kjennetegn. ^{88,89}

Fremtidens prosessindustribedrifter vil ha behov for ansatte med en annen type kompetanse og faglig profil enn det som typisk er tilfellet i dag. Dette innebærer både å styrke den digitale kompetansen blant eksisterende ansatte og å sikre tilgang til nyansatte med den nødvendige kunnskapen. Eksempler på dette inkluderer:

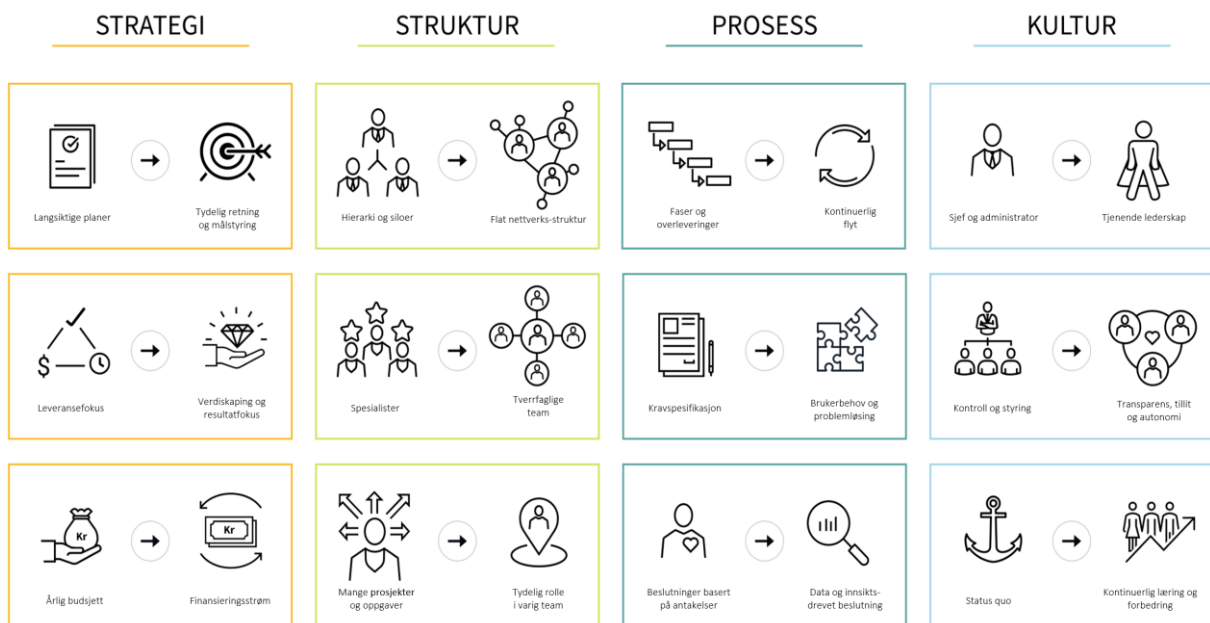
- Økt kompetanse på digital forretningsutvikling og digitale forretningsmodeller hos ledere og mellomledere.
- Mer analytisk digital kompetanse hos operatører.
- Flere ingeniører med spisskompetanse innen IT-områder som dataanalyse og modellering, maskinlæring, digital arkitektur og cybersikkerhet.

Metodisk tilnærming

Det digitale økosystemet i industrielle virksomheter blir stadig mer komplekst, med en voksende og stadig mer spesialisert sammensetning av komponenter. Disse omfatter både løsninger i virksomhetens egen infrastruktur og hos eksterne partnere og leverandører. Komponentene er tett integrerte og i kontinuerlig utvikling. Den økende kompleksiteten sammenfaller med høyere kritikalitet for de digitale systemene. Økt kompleksitet og kritikalitet medfører stadig større krav til kontroll, sikkerhet og samarbeid på tvers av økosystemet.

Det viktigste målet for fremtidens digitale kompetanse er å tilpasse seg og utnytte dette skiftende økosystemet. Kompetanseutviklingen som kreves handler ikke bare om teknologien i seg selv. Økt smidighet og endringsevne krever et tilsvarende organisatorisk skifte som det tekniske - fra faste, hierarkiske strukturer til nettverk i kontinuerlig utvikling. På samme måte som den samlede kompleksiteten i de digitale økosystemene øker i samsvar med antallet koblingspunkter, vil også den organisatoriske utviklingen stille økte krav til fremtidens operatører og ledere.

Forutsetningen for å bruke digitale teknologier og data til å skape varig verdiskaping i en industri, handler om å skape handlingsrom for å utvikle og utnytte kompetansen der den er i organisasjonen, og hente inn ny kompetanse til riktig sted i virksomheten. Dette har implikasjoner for strategi, struktur, arbeidsprosesser og kultur. Våre anbefalinger er derfor delt inn i disse områdene, samt kompetanseutviklingstiltak innen teknologi og data spesifikt.



Figur 28 Overgangen fra prosjektorientering til mer produktorientert tilnærming

Figur 28 viser behovet for å utvikle kompetanse innen flere områder i en organisasjon parallelt, ikke bare å bygge kompetanse om teknologien i seg selv.⁹⁰ Det er ofte flere tiltak som må henge sammen for å lykkes, blant annet at riktige ansatte må involveres i strategiske beslutninger der kunnskap og erfaring med teknologi gir muligheter man ellers ikke ville ha oppdaget.

I henhold til ADKAR⁹¹, en mye brukt metodikk for endringsledelse, er det en stegvis vei til kontinuerlig og livslang læring. Før man har evnen til å omsette viten til praktisk endring, kreves en bevissthet i organisasjonen om behovet for kompetansetiltak som ansatte i ulike roller kan benytte seg av til utvikling av sitt daglige virke.



Figur 29 ADKAR

I industrielle virksomheter vil det være store variasjoner i digital modenhet. Behovet for kompetanseutvikling vil kreve tilpasning i alle roller og derfor en innsats som støtter flyten fra oppdagelse til innføring av flere nye teknologier. Dette vil gjøre det mulig for industrier å nyttiggjøre seg av teknologiene for å nå sine mange mål.

Kompetansestrategi

Innflytelsen fra digitale teknologier og data er gjennomgående i de fleste virksomheter. Vellykket bruk av data og teknologi krever et redesign av virksomheten på alle nivåer - ansatte, arbeidsprosesser, teknologi og styring. Det er viktig å forstå konsekvensene av en slik strategisk beslutning, og dette er et lederansvar som krever at kompetansen sitter i ledelsen og at ledelsen er aktivt involvert i utviklingen av strategi. Det er like viktig å ha kompetanse til å igangsette riktige tiltak som følger av strategien fortløpende og med riktig økonomisk støtte til å gjennomføre.

Ingen kan, eller bør, gjøre alle digitale teknologier til sin kjernekompetanse. Derfor bør strategien også inkludere hvilke kompetansepartnere det er klokt å velge. Kompetanse til å beslutte ut fra riktige kriterier er en strategisk egenskap og krever kunnskap om økosystemet i forsyningskjeden og kritikalitet i virksomhetens produksjonslinjer, i tillegg til å forstå hvordan digitale teknologier, data og økosystemer kan skape nye forretningsmodeller og bærekraftige marginer.

Det er også avgjørende å ha en fleksibel finansieringsstrøm som er åpen for at nye ting kan dukke opp og sørger for at gode initiativer ikke stopper opp unødige. Kompetansebehovet er komplekst, og valget av sammensetningen i team og beslutningsprosesser vil være en viktig støttekompetanse å tilegne seg.

En strategisk satsning på livslang læring og etterutdanning er nødvendig. Hvilken kompetanse som bør utvikles, bør vurderes i lys av hvilke evner organisasjonen ønsker å besitte eller utforske verdien av, i samsvar med de ønskede målene for verdiskaping.

Prosessindustribedrifter bør vurdere å lage kompetansestrategier som definerer mål og planer for digital kompetansebygging i selskapet. Bedriftenes strategiske arbeid med kompetanseutvikling og digitalisering er avhengig av grundig forankring i tillitsvalgapparatet. Dette er nødvendig for å få bredest mulig kunnskapsgrunnlag, men også for å bygge et lag med endringsagenter og ambassadører som kan formidle på en troverdig måte at bedriftens overlevelsessevne er avhengig av at vi lykkes med digitalisering på alle nivåer i produksjonen.

Invester i IT-talenter

Det vil bli en fremtidig kamp blant alle bransjer og næringer om de beste IT-hodene. Prosessindustrien har normalt god kjennskap til og et godt samarbeid med de sterkeste fagmiljøene innen prosessteknologi, som automasjon og instrumentering. Men innenfor de mer IT-rettede profesjonsstudiene, som datateknologi og informasjonssikkerhet, er prosessindustrien langt mindre representert.

Prosessindustrien må derfor komme tidligere i kontakt med nye studenter og vise seg som en attraktiv og spennende arbeidsplass for neste generasjon IT-spesialister. For eksempel kan de aktivt tilby samarbeid om masteroppgaver til masterstudenter. Uansett kan det fort bli begrensede ressurser tilgjengelig nasjonalt, så man bør også vurdere muligheten for å rekruttere internasjonalt. Å investere i ansatte med høyere utdanning (Ph.d.) kan skape kontaktflater og bidra til utvikling av tettere samarbeid med ledende forskningsmiljøer. Digitalisering handler mye om endrede arbeidsprosesser.

Bidra til fremtidens utdanning for prosessindustrien

Prosessindustrien bør arbeide aktivt med utdanningsinstitusjonene, tekniske fagskoler og ingeniørutdanninger, for å sikre at det utdannes operatører og fagarbeidere med mer analytisk kompetanse og en sterkere fagbakgrunn innen relevante IT- og matematiske fag. Dette kan inkludere arbeid med utvikling av nye læringsplaner for ungdom og studenter. Selv om det hevdes at det tar lang tid (3-5 år) å endre eksisterende utdanningsprogram og innføre nye fag som del av utdanningen, er dette helt avgjørende for at utdanningen skal henge med behovene i industrien.

Det bør også etableres tettere samarbeid med universiteter og høyskoler for å sikre at det utdannes IT-kandidater med den nødvendige domenekunnskapen som kreves for å arbeide i prosessindustrien. For eksempel har Yara inngått en 4-årig avtale med Universitetet i Sørøst-Norge, som finansierer et professorat innen temaet maskinlæring rettet mot prosessindustrien. Dette samarbeidet trekker sammen kompetansemiljøene i Porsgrunn på prosess, Kongsberg på automasjon og Horten på sensorteknologi.⁹²

Smidighet

Struktureringen av arbeidet med innovasjon, innføring eller forbedring av digitale teknologier kan avgjøre om arbeidet blir vellykket. Kompetanse om teamsammensetning, tverrfaglighet og riktige rammer er forutsetninger som krever øvelse og erfaring for å mestre.

Teknologiutviklingen har de siste årene vært sterkt preget av smidige (*agile*) metoder. Det er et strategisk valg å bygge kompetanse om smidig virksomhetsutvikling, fordi det vil føre til endringer og et kompetansebehov om smidige metoder i mange ledd. Selv om prosessindustrien i Norge er gode på "Lean Manufacturing", handler smidig utvikling om å navigere i et teknologilandskap der man ikke helt vet hva sluttresultatet nødvendigvis ser ut som, men målet er en klart definert verdiskapning. Dette er nye metoder for å strukturere arbeid som må smelte sammen med "Lean Manufacturing" og HMS- og sikkerhetsstrukturer.

Prosess

Et stort skifte innen digital transformasjon er å gå fra anskaffelse av standard programvareprodukter til å tilpasse løsninger til spesielle behov, også for å gi konkurransefortrinn. Dette skiftet innebærer også å gå fra prosjekter med en klar begynnelse og slutt, som innkjøp og implementering, til mer varige og kombinerte ansvar for både utviklings- og driftsprosesser i linjen. Dette skyldes at teknologien stadig er i utvikling, og kompetansen om teknologien og dens bruksområde vil utnyttes smartere i en fast organisering enn om den må flyttes fra anskaffelse eller utviklings- og innovasjonsenheten til en drifts- og vedlikeholdsorganisasjon.

Innenfor IT-verdenen sees en markant økning av produkt- og teamorganisering, der helheten ivaretas av en fast gruppe for å opprettholde kompetanse, fart og flyt med drift og kontinuerlig utvikling side om side.

En viktig del av et selskaps kompetansebase er den som befinner seg internt i selskapet, og som ledelsen kan påvirke. En annen del er den kompetansen som befinner seg eksternt, og som bedriften kan utnytte og dra nytte av gjennom sine nettverk, samarbeidspartnere og verdikjeder. Det er viktig å balansere intern kompetansebygging med ekstern tilgang ved bruk av konsulenter, i samarbeid med leverandører og forskningsmiljøer. Digitale økosystemer kan skape avhengighet til ekstern kompetanse som utfører arbeidsprosesser man er avhengig av, der sikkerhetsvurderinger må avgjøre hvilken kompetanse som skal utvikles internt og hvilken man kan sette ut. Arbeidsprosesser som understøtter godt samarbeid mellom flere organisasjoner og kundebehov med dyp og relevant teknologikompetanse, blir viktigere å jobbe strukturert med over tid.

Kultur

Prosessindustrien består av tradisjonelle og stolte yrker, og endring vil ikke alltid være enkelt å gjennomføre. For å bygge tilstrekkelig digital kompetanse hos alle medarbeidere, må det også jobbes med å skape nok endringsvilje og redusere motstanden mot endring.

Neste generasjon fagarbeidere, operatører og ingeniører har vokst opp med teknologi og har i utgangspunktet høyere digital basiskompetanse enn tidligere generasjoner. Dette kan ofte være en fordel med tanke på kreativitet, men de kan måtte legge mye av dette igjen når de trer inn i fabrikken. Mange av de største teknologi- og utstyrsleverandørene er skeptiske til å åpne opp for at andre skal slippe til med sin teknologi – dette har både med garanti og informasjonssikkerhet å gjøre. Det har imidlertid vist seg at de bedriftene som har kommet lengst med digital transformasjon er de som har en kultur der det er lov å prøve og feile. De beste fagarbeiderne er de som er en del av en bedriftskultur og som får muligheten til å "leke" seg med alternative teknologier. Dette kan skape enorm kreativitet, men det må skje på en systematisk, trygg og sikker måte.

Prosessindustrien har, og vil alltid ha, et behov for å tenke på HMS, og bygge en kultur for å tenke gjennom hva man gjør og hvorfor. Kontinuerlig forbedring og "Lean Manufacturing" er også metoder som innarbeider en kultur for gradvis å se forbedringer i eksisterende prosesser, testet iterativt og stegvis. Ved involvering av og eierskap hos alle ansatte dannes grunnlag for en kultur i selskapet som integrerer smidige metoder med "Lean Manufacturing" og HMS- og sikkerhetsstrukturer, og som fremmer innovasjon og mestring.

Mindre team med rammer til å ta enkelte beslutninger vil være med på å skape endringskraft på flere områder i organisasjonen, enn om alle beslutningene må oppover til ledelsen. Prosessindustrien må bygge kompetanse på både sikkerhetskultur og innovasjonskultur samtidig.

Det finnes flere som tilbyr kursing for prosessindustrien. Digital Norway har blant annet kurs om industridata og kunstig intelligens, rettet mot prosessindustrien⁹³. Denne fellesinnsatsen i industrien med partnere bør suppleres med eget kursopplegg for etterutdanning og kompetanseutvikling for arbeidere i prosessindustrien. Dette kan for eksempel gjøres i samarbeid med utdanningsinstitusjoner. Det er generelt god grunn til å tenke nytt i hvordan operatører opplæres og trenes. En interessant mulighet er å trene operatører ved bruk av eksisterende testproduksjonsfasiliteter, for eksempel i regi av Katapulter⁹⁴, og bruk av VR/AR.

Det bør også arbeides for en ordning med doble fagbrev som gir en mulighet for å styrke digitaliseringskompetansen til eksisterende fagarbeidere, som en del av en etterutdanning av fagarbeidere.

Fagmiljøer som kan bidra til digitalisering av norsk prosessindustri

Det er utfordrende å lage en detaljert oversikt over ulike fagmiljøer som jobber med å fremme og utvikle digitale løsninger for prosessindustrien i Norge i dag. Fagmiljøene er ofte ganske små og inngår gjerne i grupper som jobber med digitalisering generelt, hvor prosessindustrien kun representerer én av kundegruppene. Man kan dele opp fagmiljøene som jobber med digitalisering i prosessindustrien i tre hovedgrupper, basert på faglig tilnærming:

- Primærkompetansen er prosessteknologi, med digitalisering som en sekundær kompetanse.
- Primærkompetansen er automatisering, kybernetikk, instrumentering og lignende, med et særlig fokus på applikasjoner i prosessindustrien.
- Primærkompetansen er IT, med et særlig fokus på applikasjoner i prosessindustrien

Det tradisjonelle skillet mellom de to sistnevnte gruppene ser ut til å være mindre tydelig nå enn før, da moderne automatiserte og digitale løsninger også krever industriell IT-kompetanse.

En annen måte å dele inn fagmiljøer som jobber med digitalisering av prosessindustrien er basert på hvilke organisatoriske enheter fagmiljøene er tilknyttet. Denne tilnærmingen er forsøkt synliggjort i Tabell 1.

Disse to måtene å kategorisere arbeidet med å digitalisere prosessindustrien har sine begrensninger, da det er flytende overganger mellom de ulike aktørenes engasjement. Tradisjonelt har forskningen i universitetssektoren vært preget av enkeltforskeres kompetanse og anerkjennelse. Det synes nå å være en villet tendens til at ulike forskere samordner og tydeliggjør sine FoU-aktiviteter innen ulike fagområder, også innen digitalisering av prosessindustrien. Dette innebærer typisk mer robuste forskningsgrupper, forskningssentre og klynger. Likevel kan forskningen fremdeles ansees å være ganske personavhengig, der enkeltforskeres kompetanse og anerkjennelse veier veldig tungt.

Når det gjelder relevante utdanninger, kommer ofte ikke koblingen mot prosessindustrien frem i studieprogrammets navn, da navnene heller typisk beskriver relevante fagfelt, som automatisering, kybernetikk, mekatronikk osv., selv om eksempler fra prosessindustrien vil være sentrale i studieprogrammene. Det finnes samtidig utdanningstilbud både på fagskolenivå og høgskole/universitetsnivå innen prosessteknikk/teknologi, hvor digitalisering av prosessindustrien kan være sentralt i studiene.

Tradisjonelt har grunnforskning vært en viktig forskningsaktivitet ved de gamle universitetene, som UiO, UiB, NTNU og UiT, ved siden av anvendt forskning. Etter opprettelsen av de nye universitetene etter millenniumskiftet, har det vært et bevisst fokus på å beholde grunnforskningen ved de veletablerte universitetene, samtidig som de nye universitetene skulle ha en mer profesjons- og arbeidslivsrettet profil med lokal forankring. Dette viderefører til en viss grad profilen til de tidligere høyskolene, som nå er blitt akkreditert som universiteter.

Samtidig er det tydelige forventninger om økt forskningsaktivitet ved de nye universitetene, både i samarbeid med regionale og internasjonale aktører innen arbeidslivsrettede fagfelt. Dette muliggjør også mer regional forskning innen digitalisering av prosessindustrien, gjennom forskningsprosjekter med de nye regionale universitetene. I tillegg bidrar de til regionalt tilpassede profesjonsutdanninger.

Fagskolenes rolle er primært å tilby yrkesrettet utdanning på nivå over videregående utdanning, også innen digitalisering og prosessteknikk, og er således en viktig samarbeidsaktør for å utdanne kvalifisert arbeidskraft for prosessindustrien.

Forskningsinstitusjonene i Norge har, på liknende måte som UH-sektoren, gjennomgått en del fusjoner de siste tiårene. Som et resultat kan man se konturene av sterkere og mer robuste fagmiljøer med fokus på digitalisering generelt, og med grupperinger som har et særlig fokus på digitalisering av prosessindustrien. Det er også etablert sentre og klyngesamarbeid for å styrke samarbeid og videreutvikling. Et eksempel er DigiPro-senteret, som har som hovedformål å jobbe for digitalisering av prosessindustrien.³⁹

Videre utfører både leverandørindustrien, systemintegratorer og prosessindustrien selv et betydelig arbeid for å skape eller forbedre digitale løsninger innen prosessindustrien, enten uavhengig eller i nært samarbeid med andre aktører.

Tabell 1 Rolle og posisjon til de ulike fagmiljøene

Fagmiljøer	Primær rolle (mandat)	Bidrar til (verdiforslag)	Gjennom, ved hjelp av (leveranser)
Gamle universiteter	<ul style="list-style-type: none"> - Forskning på lave TRL-nivåer, med et særlig ansvar for å utføre grunnforskning, men også anvendt forskning - Akkreditert til å utdanne fremtidens arbeidskraft på Bachelor-, Master-, og Ph.d.-nivå - Tilbyder av videreutdanninger 	<ul style="list-style-type: none"> - Bidrar til grunnleggende forståelse og teknologisk utvikling som kan føre til digitale løsninger i prosessindustrien 	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid med prosessindustrien, instituttsektoren og leverandører. - Støtteordninger fra virkemiddelapparatet
Nye universiteter og høyskoler	<ul style="list-style-type: none"> - Forskning på lave TRL-nivåer, med et særlig ansvar for å utføre anvendt forskning - Akkreditert til å utdanne fremtidens arbeidskraft på Bachelor-, Master-, og Ph.d.-nivå, med særlig fokus på profesjonsutdanninger - Tilbyder av videreutdanninger 	<ul style="list-style-type: none"> - Økt fokus på digitalisering av prosessindustrien - Samarbeider med prosessindustrien om forskning og teknologiutvikling 	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid med prosessindustrien, instituttsektoren og leverandører. - Støtteordninger fra virkemiddelapparatet
Fagskoler	<ul style="list-style-type: none"> - Tilby yrkesrettet utdanning på nivå over videregående utdanning - Tilbyder av videreutdanninger 	<ul style="list-style-type: none"> - Yrkesrettet utdanning på høyere nivå enn videregående utdanning 	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid med prosessindustrien om utdanning
Forskningsinstitusjoner	<ul style="list-style-type: none"> - Forskning på lave og medium TRL-nivåer, med et særlig fokus på anvendt forskning 	<ul style="list-style-type: none"> - Økt fokus på digitalisering av prosessindustrien - Samarbeider med prosessindustrien om forskning og teknologiutvikling 	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid med prosessindustrien, akademia og leverandører. - Støtteordninger fra virkemiddelapparatet
Forskningsklynger og -sentre	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid om FoU-aktiviteter innenfor et fagfelt og/eller region 	<ul style="list-style-type: none"> - Bidrar til mer synlig og robust satsning på FoU-virksomhet innen digitalisering av prosessindustrien 	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid mellom, akademia, instituttsektoren, leverandører og prosessindustrien. - Støtteordninger fra virkemiddelapparatet
Leverandørindustrien	<ul style="list-style-type: none"> - Utvikling og salg av instrumenter utstyr til industrien 	<ul style="list-style-type: none"> - Realiserer og implementerer digitale løsninger 	<ul style="list-style-type: none"> - Selvstendig arbeid, og samarbeid med FoU-aktører og prosessindustrien
Industriaktører	<ul style="list-style-type: none"> - Ansvarlig for produksjon innen prosessindustrien, og utfører FoU-aktiviteter 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementerer og drifter prosessanleggene med de digitale løsningene 	<ul style="list-style-type: none"> - Selvstendig arbeid, og samarbeid med FoU-aktører og leverandørindustri

Virkemiddelapparatet

De næringsrettede virkemidlene er tiltak rettet mot å støtte og utvikle næringslivet, med mål om å fremme verdiskaping, innovasjon og konkurransekraft. Deres hovedfunksjon er å legge til rette for bærekraftig økonomisk vekst og omstilling i næringslivet.

Disse virkemidlene kan overordnet deles inn i fire kategorier:

- **Finansiell støtte:** Tilskudd, lån og garantier for å redusere risiko og finansiere innovasjon og investeringer.
- **Kompetansebygging:** Støtte til forskning, utvikling og samarbeid mellom bedrifter og akademia.
- **Markedsstøtte:** Eksportfremme, internasjonalisering og nettverksbygging for å gi bedrifter tilgang til nye markeder.
- **Regelverksutforming:** Skape gunstige rammevilkår, som skatteincentiver eller forenklinger i reguleringer.

Rollen er å styrke bedriftenes evne til å skape arbeidsplasser, møte fremtidige utfordringer og bidra til samfunnets økonomiske robusthet. Beskrivelse av aktører og virkemidler ses i [Vedlegg 3](#).

Digitalisering i prosessindustrien – overordnede betraktninger

Prosessindustrien kjennetegnes av store investeringer med lang levetid. Fabrikkene består ofte av en maskinpark med stor aldersvariasjon, fra enheter som er over 30 år gamle til moderne, nytt utstyr. Dette skaper utfordringer med helhetlig integrasjon mellom prosessenheter, både innenfor samme prosess og i parallelle prosesser. Eldre utstyr kan i større grad overvåkes med moderne digital teknologi, men integrasjon med styringssystemer byr på utfordringer. For å øke integreringen av digital teknologi i de ulike anleggene, har det vært nødvendig å fokusere på infrastruktur og dataintegrasjon. Dette har vært et prioritert område de siste årene, og man begynner nå å etablere grunnlaget for å realisere fordelene ved digitalisering.

Integrasjon av nye digitale verktøy og prosesser i eksisterende systemer, anlegg og prosesser er en kompleks oppgave. Selv når et digitalt verktøy, som for eksempel skal optimalisere en delprosess ved hjelp av sensormålinger og maskinlæring, er utviklet og testet for seg selv, gjenstår det å få dette verktøyet til å spille sammen med systemene og resten av prosessene rundt. Dette krever en høy grad av organisatorisk innovasjon og utvikling i tillegg til den teknologiske. Når dette i tillegg skal gjøres for en rekke produksjonslinjer på flere lokasjoner, øker kompleksiteten.

Etablering av innovative prosjekter med flere samarbeidspartnere som skal utvikle og implementere nye digitale løsninger kan ofte være krevende med tanke på kontraktuelle forhold. Risiko, ansvar og økonomi knyttet til måloppnåelse i prosjektet (hvor godt den nye løsningen fungerer), samt eierskap og bruksrettigheter til data, kode og programvare må håndteres. Spesielt kan dette være krevende i prosjekter som omhandler digitalisering, da man ikke like enkelt kan trekke opp grensene som man kan gjøre ved utvikling av en ny fysisk komponent eller en kjemisk prosess.

Når det gjelder digitaliseringsforskningsprosjekter, som for eksempel et IPN-prosjekt, utvikles, tilpasses og testes teknologien ofte i et ekte prosessmiljø i prosjektets avsluttende fase. Dette kan illustreres med en målekampanje over begrenset tid, der flere ubesvarte spørsmål dukker opp i overlappen mellom forståelsen av teknologien, prosessen og hvordan de to tingene henger sammen. Overordnet bør mål, virkemidler og innretning defineres mål bilder for effekter og resultater. Se [vedlegg 4](#) som eksempel.

Det er her forskningen og kunnskapsoverføringen som skjedde i løpet av prosjektet ikke alltid utnyttet maksimalt, eller i verste fall ikke utnyttet i det hele tatt. En utfordring er at de som har domenekunnskapen må ta teknologien videre, uten spisskompetansen for å forstå hva prosjektet har bidratt med.

Den industrielle utviklingsreisen

Den industrielle utviklingsreisen er sammensatt og kan kanskje best beskrives som et økosystem bestående av ulike elementer som spiller sammen på forskjellige måter i ulike faser. Økosystemet består av bedriftene, inkludert deres leverandører og kunder i verdikjeden. Det industrielle landskapet rundt bedriften inkluderer utdanningsinstitusjoner (på flere nivåer), entreprenører og spin-off, FoU-institusjoner, klynger og teknologiske

testkapasiteter (katapulter), samt virkemidler, både direkte, indirekte og samvirkende, i tillegg til fylke og kommune. Trolig er det slik som regjeringen beskriver i Grønt Industirløft¹, nemlig at alt henger sammen med alt.

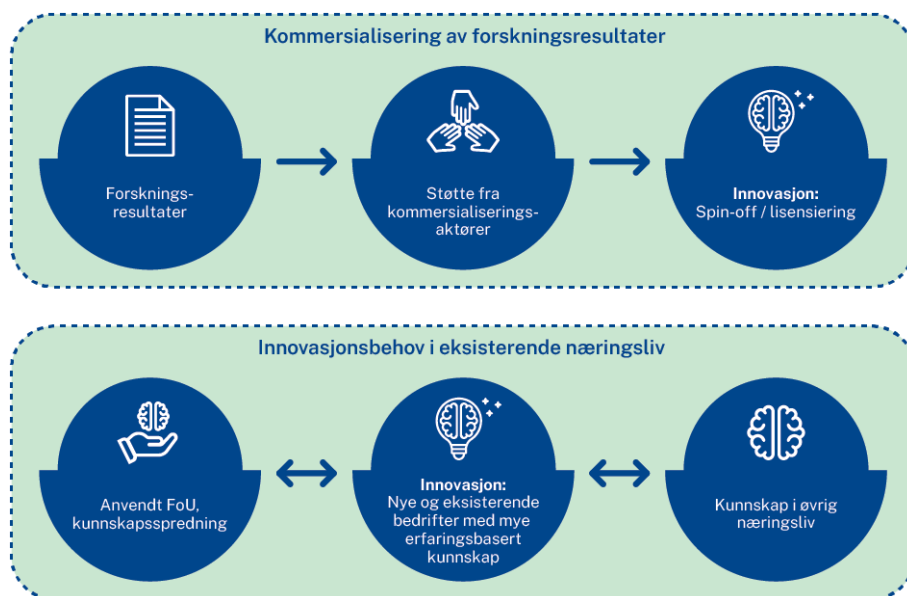
Siden 2000-tallet har Norge hatt en strategi for å styrke næringsklynger og katapulter gjennom et nasjonalt klyngeprogram. En evaluering utført av Samfunnsøkonomisk Analyse på oppdrag fra Innovasjon Norge i desember 2017 konkluderte med at bedriftene i næringsklyngene jobber mer på tvers, har høyere sysselsetting, økte salgsinntekter og større verdiskaping enn bedrifter som ikke er medlem av en klynge, særlig i de første årene.⁹⁵

Norge har ikke hatt tradisjon for å utarbeide nasjonale næringspolitiske strategier for industrielle verdikjeder. Det fremstår derfor som at det i liten grad er utviklet en samlet kompetanse og erfaring med utvikling av verdikjedene i et nasjonalt perspektiv og hvordan ulike verktøy og virkemidler samlet kan understøtte dette. Verdikjedeutvikling har imidlertid blitt aktualisert betydelig de senere årene.

I rapporten «Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder», utarbeidet av flere store næringslivsaktører, beskrives både potensial og muligheter for økt norsk verdiskaping gjennom målrettet satsing på verdikjeder.⁹⁶ Rapporten peker på noen felles utfordringer for verdikjedene, blant annet svake sammenhengende leverandørkjeder (som både må etableres og utvikles) og mangel på sammenheng mellom ulike deler som inngår i verdikjedene.

Virkemiddelapparatet skal stimulere samarbeidet mellom kompetansemiljøene, leverandørbedriftene og prosessindustrien. Disse fungerer som viktige «økosystem»-byggere. Et eksempel på et slikt virkemiddel er Norsk Katapult, som tilbyr innovative bedrifter muligheten til å samarbeide med industrien om teknologiutvikling med mindre risiko. Slike samarbeid gir prosessindustrien konkurransemessige fortrinn og gir i tillegg vekstpotensial for nyetableringer og SMB-bedrifter.

Prosess21 mener det bør settes mer fokus på hvilke effekter som skal oppnås og hvilke mål som skal nås. Dette bør også definere innretningen i virkemidlene. I samspill med og understøttet av digital transformasjon er dette en utvikling som vil øke i hastighet og kompleksitet over tid. Vi tror det vil være viktig at norske virkemiddelaktører følger denne utviklingen og kan tilby nødvendig fleksibilitet.



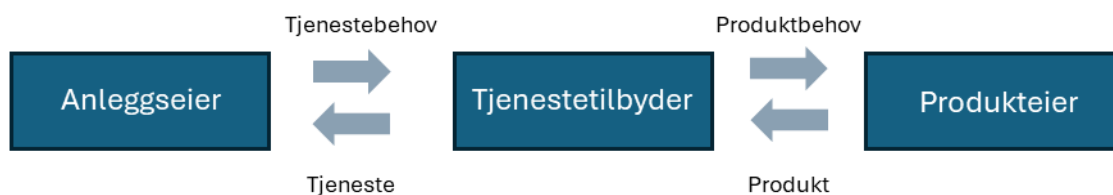
Figur 30 To varianter for innovasjon i et innovasjonsøkosystem

Utvikling og innovasjonsløp kan beskrives slik det ble gjort i hovedrapporten til Prosess21⁹⁷. Her ble det presentert to utviklingsspor. Det første sporet er en tradisjonell kommersialisering av forskningsresultater (se Figur 30), mens det andre sporet benytter kunnskap og innovasjonsbehov fra eksisterende næringsliv. Den første beskrivelsen følger en mer tradisjonell tankegang om at forskningen skal kommersialiseres gjennom støtte fra kommersialiseringsaktører for å bidra til nye bedrifter og arbeidsplasser. Dette er viktig, men det er også essensielt

å ta utgangspunkt i kunnskapsbehov og teknologiske barrierer fra eksisterende næringsliv, slik at forskningen og kommersialiseringen også retter seg mot definerte behov i markedet.

I tillegg finnes det et tredje industrielt utviklingsspor, hvor formålet er anvendelse av nye muliggjørende teknologier, spesielt teknologier for digital transformasjon for optimalisering av produksjonsprosessene. Dette innebærer implementering og integrering av teknologi i samspill med kompetanseutvikling, med fokus på å styrke produksjonsevnen gjennom kontinuerlig forbedring for økt produktivitet. Dette er operative utviklingsløp integrert i den daglige driften, uten krav til tradisjonell forskningshøyde eller omfattende innovasjonshøyde.

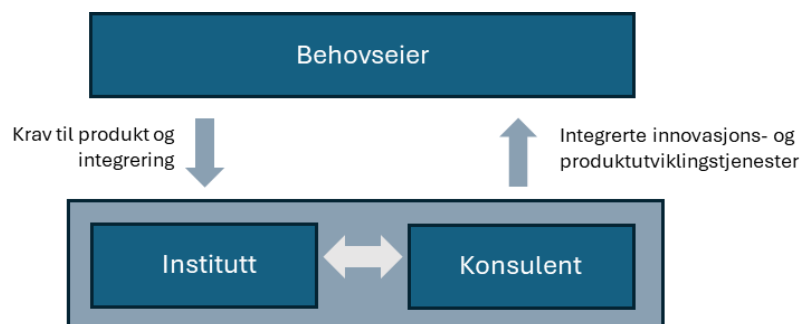
Ideen om og kravene til et spesialisert teknologiprodukt for industrien oppstår ofte i et samspill mellom flere aktører. En anleggseier har det grunnleggende behovet – prosessen som skal optimaliseres, maskinen som skal overvåkes, produktet som skal inspiseres, og så videre. Ofte skal anleggseieren operere produktet selv, men noen ganger dekkes behovet via en ekstern tjenestetilbyder, for eksempel et vedlikeholdsselskap, en entreprenør eller et klaseselskap. Til slutt kreves det gjerne en produkteier – en aktør som er spesialist på utvikling, forvaltning, salg eller utleie av produkter.



Figur 31 Typisk behovseierstruktur for kommersielle produkter

Forskningsinstituttene og konsulentselskapene er spesialisert på måter som kan utfylle og akselerere utviklingen av innovative løsninger og produkter med avanserte digitale funksjoner. Instituttene har en sentral rolle i å drive frem ny teknologi og kunnskap gjennom forskning og innovasjon, mens konsulentselskapenes rolle er mer rettet mot industrialisering, integrering og innføring i de aktuelle brukermiljøene.

Katapultene, med sine test- og teknologikapasiteter, samt deres industrieksperter, spiller en tydelig og avklarende rolle i slike industrialiseringsprosesser. Ved å involvere alle miljøene tidlig og trekke på deres respektive spesialiseringer, kan oppdragsgiver oppnå tidligere verdiskaping og effektiv produktutvikling.



Figur 32 Samarbeidsmodell for produktutvikling

Illustrasjonen er forenklet – viktige aktører som sensorleverandører, verktøybyggere, industridesignere, katapulter og så videre inngår som «Konsulenter» i modellen.

Ved å bruke forskningsinstitutter og konsulentselskaper som samarbeider tett, kan behovseiere benytte leveransmodeller som dekker hele TRL-skalaen. Dette sikrer at produktet blir hensiktsmessig integrert og at verdien tas ut i den mottakende organisasjonen.

Modellen er tilpasset dagens virkemiddelapparat ved at løsningskomponenter med TRL-grad 6 eller lavere håndteres av forskningsinstituttene med offentlig støtte. Løsningskomponenter med høy modenhet, systemintegrering og andre oppgaver med lavere innovasjonsterskel håndteres av konsulentselskapene med finansiering fra behovseier eller utføres av bedriftenes egne FoU-avdelinger.

Ved å kombinere og parallellisere forskningsinstituttene kompetanse på teknologiutvikling og konsulent-selskaperes styrker innen implementering og industrialisering, kan behovseiere oppnå raskere og mer effektive resultater i utviklingen av produkter med digitale funksjoner.

Samspillet og brobyggingen mellom disse prosessene, samt etableringen av kloke samvirkemodeller, vil være sentralt for økte effekter og resultater i prosessindustrien. Videre vil bedre og mer samkjørte og koordinerte vekslinger mellom virkemidlenes programmer, instrumenter og ordninger skape rom for mer helhetlige og sammenhengende industrielle utviklingsreiser.

Treffer virkemidlene målbildet?

Omstilling til nullutslipp i prosessindustrien krever avansert teknologiutvikling og store investeringer, samt omfattende planlegging og lang nedskrivningstid. Generelt sett er prosessindustrien positivt innstilt på det eksisterende virkemiddelapparatet, og forstår hvordan aktørene kan gi risikodempende og utløsende støtte.

For å produsere smartere, gjennom mer avansert og kompetent anvendelse av digitalisering og digitale teknologier, må omstillingstakten økes, også blant små og mellomstore leverandørbedrifter i ulike deler av verdikjeden. Dette innebærer å øke automatiseringsgraden og utnyttelsen av digitalisering, inkludert bruk av data, IoT og KI, for å legge til rette for effektiv produksjon med redusert utslipp.

Økt samhandling mellom virkemidlene vil kunne legge til rette for et mer helhetlig og sammenhengende tilbud til industrien. Dette vil bidra til økt kraft og tempo i omstillingen ved å understøtte behovet for både økt automatisering og digitalisering i prosessindustrien. Etter Prosess21s vurderinger er det fornuftig å peke på følgende generelle, men også for prosessindustrien relevante, utfordringer knyttet til økt digitalisering blant virkemiddelaktørene:

1. **Generiske virkemidler:** De fleste støtteordningene er generiske og næringsnøytrale, noe som betyr at de ikke er spesifikt rettet mot automatisering og digitalisering. Industrien består av en rekke til dels svært forskjellige næringer og virksomheter og med svært forskjellige behov.

Sett fra industriens perspektiv har virkemidlene som er aktuelle, middels relevans fordi de ikke har automatisering og digitalisering som sitt hovedanliggende/formål (kan f.eks. være reduksjon i klimagassutslipp). Virkemidlene fremstår derfor som utydelige, og dermed uklare om de kan støtte prosjekter som omfatter industriens behov for utvikling innen automatisering og digitalisering.

Dette kan begrense deres effektivitet i å møte behovene til industrien. Det kan foreligge en betydelig informasjonsvikt i dette, men mest sannsynlig er ikke virkemidlene tilstrekkelig tydelig med hensyn til å gi støtte til prosjekter innenfor automatisering og digitalisering. Det opereres også både med løpende søknadshåndtering og mer spesifikke søknadsfrister for de relevante virkemidlene.

Prosjekter innen automatisering og digitalisering har ofte store fellestrekk. Generiske virkemidler kan derfor benyttes på tvers av sektorer og behov, men det kan i økt grad tydeliggjøres å sette søkelys på området automatisering og digitalisering i sammenheng med bærekraftig produksjon. Ved å tydeliggjøre behovet for automatisering og digitalisering, noe som regjeringens «Veikart for grønt industriløft»¹ har pekt på, kan dette være med på å engasjere bedriftene.

2. **Manglende koordinering:** Det er et svakt/lite koordinert og sammenhengende tilbud av virkemidler som understøtter prosjektene gjennom flere faser og dekker bedriftenes behov.
3. **Begrenset finansiering:** Digitaliserings- og automatiseringsprosjekter i industrien innbefatter i de fleste tilfeller å anskaffe ny, men kjent teknologi, og ta denne i bruk for å forbedre produksjonsprosesser som blant annet trengs for omstillingen til lavutslippssamfunnet. Prosjektene befinner seg dermed i faser som ofte ikke kan klassifiseres som forskning og utvikling eller innovasjon. De er heller forbedrings- og effektiviseringsprosjekter i eksisterende prosesser eller produksjon. Men betydelige usikkerheter knyttet til slike prosjekter (teknologi, kompetanse, etc.) gjør at mange bedrifter vurderer det som risikofyllt å investere i nye produksjonsteknologier. De nøler derfor med å investere før tilstrekkelig finansiell sikkerhet og risikokontroll er etablert. Tempoet i modernisering, automatisering og digitalisering blir dermed lav på veien for å oppfylle nasjonale mål og internasjonale klimaforpliktelser.

For de fleste bedrifter vil ordinære finansieringslån være måten man finansierer denne typer investeringer. Men for noen kan en statlig/offentlig finansieringsordning, enten i form av lån, garantier eller leasing, være den eneste realistiske muligheten for å realisere investeringer innenfor en rimelig tidshorison. Flere av virkemidlene kan bidra til å utløse investeringer i teknologi og produksjonsutstyr (bl.a. lån fra IN og Eksfin).

De økonomiske rammene for de eksisterende virkemidlene kan også være utilstrekkelige for å møte behovet i markedet. Dette vurderes ikke nærmere her. Det vil imidlertid være riktig å påpeke at det vil være viktig å sikre effektive og tilstrekkelige løsninger for finansiering av produksjonsutstyr.

4. **Manglende kompetanse:** Det er en generell mangel på kompetanse innen automatisering og digitalisering både i bedriftene og blant virkemiddelaktørene. Dette er en vesentlig årsak til usikkerhet og risiko som er knyttet til automatisering og digitalisering og som dermed hindrer effektiv implementering og utnyttelse av ny teknologi. Slik det vurderes er det på dette feltet bedriftene har det største behovet. Her er det eksisterende virkemidler som treffer behovet og hvor forbedringer i tilbudet kan gi god effekt.
5. **Innovasjonshøyde:** Mange av de industrielle utfordringene befinner seg iboende i deres operative hverdag. Dette operative utviklingsløpet og denne digitale transformasjonen handler om å bygge kompetanse sammen integrasjon og anvendelse av digitale teknologier. Virkemiddelapparatet bør i større grad anerkjenne innovasjonshøyden som ligger i integrasjoner, å få nye systemer til å spille sammen med gamle/eksisterende.

Disse svakhetene peker på behovet for en mer målrettet, koordinert og fleksibel tilnærming til støtteordninger for å fremme automatisering og digitalisering i norsk industri.

Avsluttende refleksjoner

Veien fra idé til implementering og anvendelse av ny teknologi, inkludert nye digitale verktøy og systemer, kan være lang og kompleks i prosessindustrien. Ideelt sett bør virkemiddelapparatet ha virkemidler som kan incentivere og støtte hele prosessen, med lav administrativ byrde når prosjekter beveger seg fra lav modenhet til implementering. På denne måten vil industrien lettere kunne iverksette ambisiøse prosjekter med lang løpetid og potensielt store gevinster. Virkemidlene kan fremstå som fragmenterte og i for liten grad koordinerte på tvers av aktørene. Dette underbygger behovet for tydeligere vekslinger og økt koordinering mellom de ulike virkemiddelaktørene.

Nasjonal digitaliseringsstrategi peker på en rekke mål og tiltak fra regjeringens side. Med tanke på kompetanse vil vi spesielt løfte frem regjeringens mål om å prioritere livslang læring innenfor områder som er nødvendige for fremtidens næringsliv. Dette kan støtte opp under prosessindustriens behov for å bygge digital kompetanse på toppen av sterk domenekompetanse, for eksempel innenfor de klassiske teknologi- og ingeniørfagene. Videre underbygger strategien det viktige målet om å "oppfylle næringslivets behov for digital kompetanse gjennom sterkere samarbeid mellom relevante utdanningsinstitusjoner, næringslivet, virkemiddelaktørene og partene i arbeidslivet." Det blir sentralt at det utdannes kandidater som enten er spisset mot digital/IKT-fag, eller som legger inn mer digital kompetanse innenfor andre fagretninger, som for eksempel mer klassiske teknologifag. Det er svært viktig at dybden og kompetansen innenfor de klassiske fagene ikke blir nedprioritert. Sterk domenekompetanse innenfor for eksempel prosessfag, kjemi og metallurgi er grunnleggende for å kunne bygge gode digitale løsninger som skal virke inn i disse områdene.

Videre er økt brukerkompetanse viktig for å kunne bruke den begrensede digitale kompetansen mest mulig effektivt. Behovet for økt digital profesjonskompetanse gjelder trolig for de fleste yrker og profesjoner i prosessindustrien. Ledere må for eksempel se den kritiske betydningen cybersikkerhet har for virksomheten og evne å engasjere de rette ressursene som kan håndtere utfordringen. Samtidig må de ansatte i alle funksjoner se konsekvensen av egen teknologibruk for virksomhetens samlede sikkerhet. Omstillingstakten vil øke, og den enkelte arbeidstakers fortrolighet med stadig omstilling til ny digital teknologi og nye løsninger er avgjørende for effektiv bruk av digital teknologi i næringslivet. Skal norsk prosessindustri kunne videreutvikle sin konkurransekraft, må den bli både grønnere og mer digital. Omfanget, dybden, hastigheten, skalaen og viktigheten av en slik tvilling-transformasjon er uten sidestykke. Digitale teknologier endrer prosessindustrien radikalt. De muliggjør nye forretningsmodeller og økt produktivitet gjennom «smartness», intelligens og «connectivity», samtidig som digitaliseringen understøtter dekarbonisering av økonomien. Dermed vil den digitale transformasjonen også være en viktig del av bærekraftstransformasjonen. Disse vil og må transformeres sammen og samtidig.

Referanser

1. regjeringen.no. Grønt industriløft. *Regjeringen.no* <https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/gront-industri/loft/id2920282/> (2022).
2. Draghi, M. *The Future of European Competitiveness*. https://commission.europa.eu/topics/strengthening-european-competitiveness/eu-competitiveness-looking-ahead_en (2024).
3. Nærings- og fiskeridepartementet. *Nytt Kapittel for Grønn Omstilling i Prosessindustrien*. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-kapittel-for-gronn-omstilling-i-prosessindustrien/id3026777/> (2024).
4. Henriksen, G. L. *Omstillingsbarometeret 2024*. <https://www.abelia.no/omstillingsbarometeret/> (2024).
5. Knutstad, G. & Torvatn, H. *Lær Av de Beste: Hvordan Skaffe Seg Konkurranseskraft Gjennom Digitalisering?* (2020).
6. Hiday, J. D. *Quantum Computing: An Applied Approach*. (Springer, Cham, Switzerland, 2021).
7. Song, L. & Meng, Y. *The Self-Taught Cloud Computing Engineer: A Comprehensive Professional Study Guide to AWS, Azure, and GCP*. (Packt Publishing, Place of publication not identified, 2023).
8. Russell, S. J. & Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (Pearson, Boston, 2022).
9. European AI Office | Shaping Europe's digital future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office> (2025).
10. Commission launches AI innovation package. *European Commission - European Commission* https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_383 (2025).
11. European Commission. *A Competitiveness Compass for the EU | European Research Area Platform*. <https://european-research-area.ec.europa.eu/documents/competitiveness-compass-eu>.
12. The Digital Europe Programme | Shaping Europe's digital future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme> (2025).
13. European Commission. Digital Europe Programme. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme> (2024).
14. Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet. Norge får tettere digitalt samarbeid med Europa. *Regjeringen.no* <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-far-tettere-digitalt-samarbeid-med-europa/id3033372/> (2024).
15. Nemonoor. *Nemonoor* <https://nemonoor.no/>.
16. EDIH Oceanopolis – Vi hjelper deg i gang med digitalisering og kunstig intelligens. <https://oceanopolis.no/>.
17. Boer, E. de, Leurent, H. & Widmer, A. 'Lighthouse' manufacturers lead the way - can the rest of the world keep up? *McKinsey & Company* (2019).
18. Flatval, V. S., Røtnes, R. & Steen, J. I. *Ringvirkninger Av Norsk Aluminiumsindustri*. (2023).
19. Norsk Industri. *Ringvirkninger av kraftforedlende industri*. 36 (2024).
20. Dalsmo, M. et al. *Digitale Grep for Norsk Verdiskaping*. https://digital21.no/wp-content/uploads/2018/09/Digital21_strategi_2018.pdf (2018).
21. Horizon 2020. COGNITWIN. *Cordis* <https://cordis.europa.eu/project/id/870130> (2023).
22. Norges Forskningsråd. SAM – Self Adapting Model-based system for Process Autonomy. *Forskningsrådet* <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/295945> (2023).
23. Norges Forskningsråd. Smart Furnace. *Forskningsrådet* <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/295972> (2022).
24. Amsterdam University of Applied Sciences & Ecommerce Europe. *European E-Commerce Report 2024*. (2024).
25. Atfarm. <https://support.at.farm/hc/no>.
26. Borregaard. Cellulose Fibrils. *Borregaard* <https://www.exilva.com/>.
27. Prosess21 ekspertgruppe. *Ny Prosess teknologi Med Redusert Karbonavtrykk Inkl. CCU*. https://www.prosess21.no/contentassets/3fd14f33bbfc40ff93f0cf4402bd7ea/p21_rapport_ny-prosessteknologi_web-1.pdf (2020).
28. Fjose, S. *Klimaomstilling i Norsk Næringsliv*. <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2019-95-Klimaomstilling-i-norsk-n%C3%A6ringsliv.pdf> (2019).
29. Norsk Industri. *Veikart for Prosessindustrien: Økt Verdiskaping Med Nullutslipp I 2050*. 100 <https://www.norskindustri.no/SysSiteAssets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien-sammendrag.pdf> (2016).
30. Emisoft. GHG123. Emisoft.
31. Mao, S., Wang, B., Tang, Y. & Qian, F. Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence for Green Manufacturing in the Process Industry. *Engineering* **5**, 995–1002 (2019).
32. Hydro. HalZero – pioneering zero-emission electrolysis. *Hydro* <https://www.hydro.com/en/global/media/on-the-agenda/hydros-roadmap-to-zero-emission-aluminium-production/halzero-zero-emission-electrolysis-from-hydro/> (2024).
33. Enova. Elkem Sicalo Fase 2: Pilottesting av delprosesser. *Enova* <https://www.enova.no/om-enova/om-organisasjonen/teknologiportefoljen/elkem-sicalo-fase-2-pilottesting-av-delprosesser/>.
34. Tveten, S. G. Lager metall med vann og elektrisitet. *Gemini* (2022).
35. A.SPIRE. *Processes4Planet Roadmap*. https://www.aspire2050.eu/sites/default/files/pressoffice/publication/processes4planet_2050_roadmap_jan2021.pdf (2021).
36. Tello, P. & Weerdmeester, R. *SPIRE Roadmap 2030*. <https://www.aspire2050.eu/spire/spire-Roadmap> (2019).

37. IBM. What is supply chain optimization? *IBM* <https://www.ibm.com/topics/supply-chain-optimization>.
38. Digital Norway: Kunnskapen du trenger i en digital hverdag – kurs og digital kompetanse. *Digital Norway* <https://digitalnorway.com/>.
39. DigiPro Centre: Norwegian National Centre for the Digitalisation of the Process Industry. <https://www.digipro-centre.no/>.
40. NFEA. *NFEA* <https://nfea.no/>.
41. RINVE. *RINVE* <https://www.sintef.no/projectweb/rinve/>.
42. NORSOK standards. <https://standard.no/en/sectors/petroleum/norsok-standards>.
43. READI – – Shaping the future of digital requirements and information flow in the oil and gas value chain. <https://readi-jip.org/>.
44. PCA. *POSC Caesar Association* <https://wix.posccaesar.org>.
45. The Open Group OSDU® Forum. <https://osduforum.org/>.
46. Plattform Industrie 4.0. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Home/home.html>.
47. Digital product passport – rules for service providers. *European Commission - Have your say* https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14382-Digital-product-passport-rules-for-service-providers_en (2024).
48. ISA95, Enterprise-Control System Integration- ISA. *isa.org* <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa95>.
49. NAMUR Open Architecture. <https://www.namur.net/en/focus-topics/namur-open-architecture>.
50. Unified Architecture - OPC Foundation. *OPC Foundation* <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>.
51. Dombrowski, U. & Malorny, C. Process Identification for Customer Service in the field of the After Sales Service as a Basis for "Lean After Sales Service". *Procedia CIRP* **47**, 246–251 (2016).
52. Weiß, P., Koelmel, B. & Bulander, R. Digital Service Innovation and Smart Technologies: Developing Digital Strategies based on Industry 4.0 and Product Service Systems for the Renewal Energy Sector. in (2016).
53. Chief Executive. How Dow Corning Beat Commoditization By Embracing It. *Chief Executive* (2011).
54. Digital 21. <https://digital21.no/>.
55. Gjørsv, A. B. *et al. Rapport Fra Ekspertgruppen for Datadeling i Næringslivet*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/c98cce6745b0486c948c269dc80335c8/rapport-fra-datadelingsutvalget2.pdf> (2020).
56. Norges Forskningsråd. GreenBox - et spydspissprosjekt for prosessindustrien i det grønne skiftet. *Forskningsrådet* <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/346625> (2024).
57. Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet. *Fremtidens digitale Norge: Nasjonal digitaliseringsstrategi 2024–2030*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/fremtidens-digitale-norge/id3054645/> (2024).
58. Digitaliseringsdirektoratet. *Rikets digitale tilstand 2019-2024 | Digdir*. <https://www.digdir.no/rikets-digitale-tilstand/rikets-digitale-tilstand-2019-2024/5595>.
59. Walther-Zhang, Y. & Rybalka, M. Dobling i bruk av KI. *Statistisk sentralbyrå* (2024).
60. European Commission. *2024 State of the Digital Decade Package | Shaping Europe's Digital Future*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/2024-state-digital-decade-package> (2024).
61. Næringslivets Hovedorganisasjon. *Politikknotat KI*. https://www.nho.no/contentassets/534558575a064f64b885b69bdac53ed4/kunstig-intelligens-i-norge-2024_politikknotat.pdf (2024).
62. Honeywell. *Industrial AI Insights*. 10 <https://www.honeywell.com/content/dam/honeywellbt/en/documents/downloads/honeywell-industrial-ai-insights.pdf> (2024).
63. Sukharevsky, A. *et al.* Time to place our bets: Europe's AI opportunity. *Quantum Black* 15 (2024).
64. Forskningsrådet. Forskningsssentre for kunstig intelligens (KI-senter). *Forskningsrådet* <https://www.forskningsradet.no/utlysninger/2025/forskningsssentre-kunstig-intelligens/>.
65. World Intellectual Property Organization., Dutta, Soumitra., Lanvin, Bruno., Rivera León, Lorena. & Wunsch-Vincent, Sacha. *Global Innovation Index 2024 :: Innovation in the Face of Uncertainty*. ? pages : (World Intellectual Property Organization,). doi:10.34667/TIND.50062.
66. CIRPASS. DPP in a nutshell. *Cirpass Project* <https://cirpassproject.eu/dpp-in-a-nutshell/>.
67. European Commission. Ecodesign for Sustainable Products Regulation. https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/ecodesign-sustainable-products-regulation_en.
68. Gupta, M. *Cross-Sector and Sectorspecific DPP Roadmaps*. https://cirpassproject.eu/wp-content/uploads/2024/03/CIRPASS_Cross-sector_and_sector-specific_DPP_roadmaps_1.1.pdf (2024).
69. CIRPASS – Digital Product Passport. <https://cirpassproject.eu/>.
70. CEN-CENELEC. CEN-CENELEC. *CEN-CENELEC* <https://www.cencenelec.eu/>.
71. Standard Norge. Standard Norge. *Standard Norge* <https://standard.no/>.
72. Industrial Digital Twin Association & ZVEI e. V. DPP4.0 – The Digital Product Passport for Industry 4.0. *DPP 4.0* <https://dpp40.eu/>.
73. European Commission. Directorate General for Research and Innovation. *Industry 5.0, a Transformative Vision for Europe: Governing Systemic Transformations towards a Sustainable Industry*. (Publications Office, LU, 2021).
74. Departementene. *Nasjonal strategi for digital sikkerhet*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-digital-sikkerhet/id2627177/> (2019).

75. Nasjonal sikkerhetsmyndighet. *Nasjonalt digitalt risikobilde 2023*. <https://nsm.no/regelverk-og-hjelp/rapporter/nasjonalt-digitalt-risikobilde-2023> (2023).
76. Nasjonal sikkerhetsmyndighet. *Risiko 2024*. <https://nsm.no/regelverk-og-hjelp/rapporter/risiko-2024> (2024).
77. Justis- og beredskapsdepartementet. *Ny Personopplysningslov Og EUs Personvernforordning*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/lov-og-rett/innsikt/ny-personopplysningslov/id2592984/> (2018).
78. Datatilsynet. 15 største GDPR bøter vedtatt av Datatilsynet i Norge. <https://gdprcontrol.no/gdpr-boter-norge/> (2023).
79. Mahajan, R., Shukla, G. & Jinugu, S. *Reimagining OT Cybersecurity Strategy*. (2022).
80. Tidy, J. SolarWinds: Why the Sunburst hack is so serious. *BBC* (2020).
81. Scroxtton, A. Data on over 3,000 Airbus suppliers leaked after breach. *ComputerWeekly* <https://www.computerweekly.com/news/366552002/Data-on-over-3000-Airbus-suppliers-leaked-after-breach> (2023).
82. European Parliament. *NIS 2 Directive*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2555> (2022).
83. European Parliament. *Cyber Resilience Act*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2847/oj/eng> (2024).
84. European Parliament. *Cybersecurity Act*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/881/oj/eng> (2019).
85. Ackerman, P. *Industrial Cybersecurity: Efficiently Monitor the Cybersecurity Posture of Your ICS Environment*. (Packt Publishing Ltd, 2021).
86. Veikart for cybersikkerhet i norske industribedrifter på vei mot Industri 4.0. <https://www.norskindustri.no/bransjer/teknobedriftene/cybersikkerhet-og-industri-4.0/veikartet/>.
87. Yttri, O. B. Hva er digital transformasjon? *Digdir* <https://www.digdir.no/innovasjon/hva-er-digital-transformasjon/1589>.
88. Edmondson, A. C. *The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth*. (Wiley, Hoboken, New Jersey, 2019).
89. Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D. & Buckley, N. *Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation*. <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/> (2015).
90. Bonnegolt, M. *Fra Prosjekt Til Produkt - Hva Innebærer Endringen for Virksomheten?* <https://www.bouvet.no/bouvet-deler/Fra-prosjekt-til-produkt-hva-betyr-det-for-virksomheten> (2024).
91. Prosci. The Prosci ADKAR® Model. *Prosci* <https://www.prosci.com/methodology/adkar>.
92. Universitetet i Sørøst-Norge. Birkelandinitiativet. <https://www.usn.no/om-usn/organisering/gaveprofessorater/birkelandinitiativet>.
93. Digital Norway. Kurs. *Digital Norway* <https://digitalnorway.com/kurs/>.
94. Norsk katapult. *Siva* <https://siva.no/virkemidler/norsk-katapult/>.
95. Røtnes, R. *et al. Evaluation of Norwegian Innovation Clusters*. <https://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2020/02/Evaluation-of-Norwegian-Innovation-Clusters.pdf> (2017).
96. Valstad, I. *et al. Norske Muligheter i Grønne Elektriske Verdikjeder*. (2020).
97. Prosess21. *Prosess21 Hovedrapport*. https://www.prosess21.no/contentassets/795fa8a170b24cac98c82e075ba0b695/prosess21_rapport_hovedrapport_web_oppdaterert_060821.pdf (2021).

Vedlegg 1 – Deltagere i ekspertgruppen

Jeg ønsker å uttrykke min dypeste takknemlighet til alle de som har deltatt i møter, workshops, intervjuer og skrivearbeid. Det har vært en stor glede å jobbe med så kunnskapsrike og engasjerte personer som virkelig ønsker det beste for prosessindustrien i Norge.

En spesiell takk går til Johannes Aalbu (Hydro), Ivar Kornbrekk (Bouvet) og Gaute Andreas Knutstad (Siva). Deres lederskap i sine respektive arbeidspakker og deres innsats med tekst og innhold til sine kapitler, sammen med våre deltagere, har vært avgjørende for at vi har fullført denne rapporten.

Industribedriftene har støttet prosessen betydelig med mange dyktige deltagere som har sørget for en sterk tilknytning til realiteten og utfordringene i prosessindustrien. Konsulenter og produktleverandører, samt SINTEF, NORCE, UIA og USN, har bidratt med kunnskap om «state of the art» teknologi og sammen med industrien har de gitt oss en balansert beskrivelse av dagens og fremtidens behov for digitalisering i prosessindustrien.

Til slutt vil jeg sende en stor takk til de nøkkelpersoner som har vært oppnevnt av Prosess21. Deres bidrag har tilført rapporten tyngde og faglig spisskompetanse. En spesiell takk går også til Anders Hansen (Sintef), Konrad Eichhorn Colombo (Eramet) og Nina Meldahl (Bouvet) for deres ekstraordinære innsats.

Tusen takk til dere alle for deres bidrag. Vi håper at denne rapporten vil ha en betydelig innvirkning på prosessindustrien i Norge i tiden fremover.

Mvh, André Larsen, Leder av Ekspertgruppa og DigiPro Centre

Deltagere

Anders Hansen (Sintef AS)	Mads Hansen (Pasyc)
André Larsen (Sintef AS)	Nabil Belbachir (NORCE)
Arnt Johnsen (Hydro)	Nils-Olav Skeie (USN)
Benjamin Ravary (Eramet)	Nina Meldahl (Bouvet)
Bjørn Hovland Børve (Boliden)	Ole Ragnar Helgen (Bilfinger)
Bjørn Inge Olsen (Novotek AS)	Pia Jannike Virmalainen Jøsendal (Bouvet)
Christian Nordbach (MIL)	Rune Mathisen (SINTEF AS)
Esten Ingar Grøtli (SINTEF AS)	Siren M. Neset (NORCE)
Frank Rørtvedt (Siemens)	Solveig Steinsland (Vianode)
Geir Sandnes (Hydro)	Sture Holmstrøm (SINTEF AS)
Håkon Viumdal (USN)	Svein-Tore Kristiansen (Deloitte)
Ingar Steinsvik (Hydro)	Trygve Hanssen (Elkem)
Ivar Kornbrekk (Bouvet)	Ulrik Thisted (NORCE)
Jan Olav Frantsvåg (Hydro)	Øyvind Jensen (IFE)
Johannes Aalbu (Hydro)	Åslaug Grøvlen (Elkem)
Jorunn M. Skofteland Gislefoss (UIA)	Lone Larsson (Borregaard)
Kjetil Torvanger (Deloitte)	Kjetil Staalesen (LO)
Konrad Eichhorn Colombo (Eramet)	Jan Rasmus Sulebak (NFR)
Lars Klemet Jakobsson (Elkem)	Gaute Andreas Knutstad (Siva)
Lars Petter Maltby (Prosess21)	Bjørn Arne Skogstad (Siva)
Linga Reddy Cenkeramaddi (UiA)	Ole Hoen (Kongsberg Technology Cluster)

Intervjuet:

Merete Østby (Yara), Dag Øyvind Godfredsen (Glencore), Magne Gjerde (Glencore), Dag Lønnerød (Inovyn Norge), Helge Refsund (Hydrovolt).

Vedlegg 2 – Kartlegging av prosessindustriens prioriteringer innen digitalisering

I tiden fremover vil prosessindustrien prioritere digitale løsninger som har kort vei til realisering og en solid businesscase med fokus på kostnadsreduksjoner. Datakvalitet og tilgang til viktige måleparametere er en forutsetning for bruk av digitale tvillinger og digitale analyseverktøy. Sikkerhet og kompetanse vil bli prioritert med mål om digital transformasjon og effektivisering.

For å få et mer utfyllende svar fra prosessindustrien har vi stilt de samme spørsmålene til ti bedrifter: Hydro, Elkem, Vianode, Eramet, Jotun, Borregaard, INEOS Inovyn, Glencore, Yara og Hydrovolt. Deres svar er samlet i et arkiv, og vi har bedt Copilot om å generere svar på våre spørsmål med kun arkivet som kilde. Målet med denne prosessen er å få en objektiv og representativ besvarelse fra prosessindustrien på våre spørsmål.

Svarene er generert av Copilot basert på innspill fra 10 ulike bedrifter. Som følge av dette er forslagene ikke konkretisert i spesifikke løsninger, men denne kartleggingen danner grunnlaget for noen av de overordnede anbefalingene i denne rapporten.

Hvilke digitale løsninger vil bli prioritert i tiden fremover?

- **Optimalisering av styresystemer og prediktive modeller:**
 - Prosessindustrien vil fortsette å utvikle prediktive modeller for å styre fabrikkene mer energieffektivt og produktivt, da dette gir direkte avkastning.
- **Prediktivt vedlikehold og instrumentering:**
 - Fokus på prediktivt vedlikehold og instrumentering i felt for å forutse utfordringer med komponenter og maskineri, og dermed redusere risikoen for driftsstans.
- **Digital kompetanse og sikkerhet:**
 - Fortsatt arbeid med å bygge digital kompetanse og sikre at sikkerhet alltid er i fokus. Betydelige fremskritt har blitt gjort i samarbeid med akademia for å standardisere opplæringsmateriell og definere læringsmål for digitale applikasjoner.
- **Digital Twin løsninger:**
 - Implementering av «Digital Twin» løsninger for prosjekter, drift og vedlikehold for å optimalisere verdikjeden på tvers av organisasjonen.
- **Datakvalitet og tilgjengeliggjøring:**
 - Forbedring av datakvaliteten på skyplattformer for effektiv integrering av nye digitale løsninger. Tilgjengeliggjøring av data til de som kan bruke dem effektivt er avgjørende for å bevege seg mot proaktivt eller tilstandsbasert vedlikehold.
- **Kunstig intelligens (KI) og multivariat dataanalyse:**
 - Bruk av KI og multivariat dataanalyse for å finne verdifulle innsikter i overgangene mellom ulike datasett. Dette krever tilgjengelige og korrekte data.
- **Smarte sensorer og robotisering:**
 - Økt anvendelse av smarte sensorer, datadrevne metoder og robotisering for å forbedre prosesskontroll og sikkerhet.
- **Digital transformasjon og analytiske løsninger:**
 - Fokus på digital transformasjon med bred tilgang til data fra alle prosessanlegg, både i sanntid og historiske data, for bedre beslutningstaking og analyse.

Generert ved hjelp av KI med kun prosessindustrienes tilbakemeldinger som kilde. Innholdet er kvalitetssikret av ekspertgruppen før publisering.

Hvilke digitale veivalg bør tas for nye fabrikker og/eller prosesser?

Når bedrifter planlegger å bygge nye fabrikker eller prosesser, er det flere digitale veivalg som bør vurderes for å sikre en robust og fremtidsrettet infrastruktur.

- **Infrastruktur:** Både trådløs og fysisk infrastruktur må på plass. Dette inkluderer en solid dataplattform, gjerne skybasert, for å håndtere fremtidige løsninger. IT-sikkerhet må bygges inn i infrastrukturen fra starten, både trådløst og fysisk.
- **Datautveksling og standarder:** Standardiserte datagrensesnitt forenkler og reduserer kostnader ved datautveksling mellom ulike leverandører. Bruk kjente, etablerte teknologier og protokoller som OPC-UA for automasjon og ISO-standarder for interoperabilitet.
- **Sporbarhet:** Opprett digitale sporbarhetsløsninger som *blockchain* for å spore materialer, produksjonshistorie og samsvarsdata gjennom hele forsyningskjeden. Dette forbedrer kvalitetskontroll og samsvar med industriregler.
- **Kontrollsystemer:** Velg kontrollsystemer som gir rom for autonomi og fremtidige muligheter. Sørg for at disse systemene kan integreres sømløst med eksisterende og fremtidige løsninger.
- **Kompetanse og organisering:** Bygg intern kompetanse innen digitalisering og automasjon. Det er viktig å ha denne kompetansen in-house for kontinuerlig forbedring. Involver alle relevante aktører tidlig i prosessen, inkludert operatører, elektrikere, mekanikere, vedlikeholds ingeniører og avdelingsledere.
- **Kontinuerlig forbedring:** Fokuser på kontinuerlig forbedring av arbeidsprosessene og sikre at de riktige digitale løsningene og kontrollsystemene er på plass. Ha en klar strategi for hvilken kompetanse som trengs for å drive forbedringene fremover.
- **Cybersikkerhet:** Cybersikker må sikres i alle utviklingsstadier. Dette inkluderer nettverkssikkerhet, kommunikasjonssikkerhet og endepunktbeskyttelse.
- **Avanserte sensorer:** Invester i avansert sensorteknologi med sanntidsdatakapabiliteter for optimalisert drift.
- **Prosjektgjennomføring:** Bruk god tid på forprosjektet for å sikre at du bygger det du egentlig vil ha og unngår kostbare endringer underveis. Sørg for at produksjons- og prosessdata er tilgjengelige for de som kan bruke dem effektivt.

Sammendrag fra intervjuer med industriledere ved hjelp av KI fra Microsoft CoPilot. Innholdet er kvalitetssikret av ekspertgruppen før publisering.

Risiko etablering av nye digitale løsninger?

I prosessindustrien er det avgjørende å opprettholde høy produktivitet, noe som reflekteres i de digitale løsningene som innføres. Feil i slike løsninger, spesielt de som er knyttet til kritiske prosesser, kan føre til betydelige økonomiske tap. Derfor gjennomføres en grundig risikovurdering før nye løsninger tas i bruk.

Risikofaktorer

- **Infrastrukturbehov:** Installasjon av trådløs teknologi og annen infrastruktur kan være kostbart. Det er viktig å ha en robust infrastruktur på plass for å støtte nye digitale løsninger.
- **Kompetansegap:** Det er et betydelig behov for kompetanseheving blant både eksperter og operatører. For å drive endringsprosesser effektivt og maksimere verdiutbyttet av nye løsninger, må det sikres tilstrekkelig opplæring og kompetanseutvikling. For å redusere risikoen ved oppstart av nye løsninger, samarbeider industrien med utdanningsinstitusjoner for å øke kompetansenivået innen IT og digitalisering. Dette er en langsiktig investering som krever tid og ressurser.
- **Personikkerhet og Arbeidsmiljø:** Fokus på prosess-sikkerhet bidrar også til forbedring av arbeidsmiljøet, for eksempel ved å forbedre luftkvaliteten. Risikoen ved å ikke forbedre prosess-sikkerheten er betydelig. Automatisering (f.eks. roboter) er kostbart, men forbedrer personikkerheten og reduserer risikoen for skader.
- **Leverandørvalg:** Valg av pålitelige IT-leverandører er kritisk. Det er nødvendig å integrere dem i hjertet av systemet for å sikre at løsningene utnyttes fullt ut. Feil valg kan føre til at systemer blir stående ubenyttet. Leverandører uten erfaring fra arbeid i prosessindustrien øker risikoen ved implementering av løsninger, spesielt innen KI.
- **Digitalisering og Datahåndtering:** Digitalisering krever robust infrastruktur for lagring, vasking og analyse av data. Systemene må være interoperable og pålitelige for å gi nøyaktige data.
- **Erfaringsdeling og Standardisering:** Det er nødvendig å dele erfaringer fra andre for å forstå hva som fungerer i praksis. Mangel på standardisering kan hindre skalering og redusere verdien av investeringene.
- **Verdiforslag:** Dokumentasjon av verdien av digitale investeringer kan være utfordrende.
- **Leverandørkunnskap:** Forvaltning og eierskap til data i skyløsninger må ivaretas før implementering. Partnerskap med store selskaper kan vurderes, men dette kan føre til innlåsingeffekter. Avstanden mellom utviklere og brukere i store organisasjoner kan også være en barriere. Mange elementer må fungere sammen, og det kan være vanskelig å ha oversikt, spesielt ved nye oppgraderinger.

Sammendrag fra intervjuer med industriledere ved hjelp av KI fra Microsoft CoPilot. Innholdet er kvalitetssikret av ekspertgruppen før publisering.

Hvordan kan virkemiddelapparatet gi støtte?

For å gi bedre støtte til prosessindustrien, bør virkemiddelapparatet fokusere på følgende områder:

- **Definere Reelle Problemer:** Industrien bør selv identifisere sine problemer og behov. Virkemiddelapparatet bør bidra til å redusere risikoen, slik at støttede prosjekter løser reelle utfordringer og fremmer en tydelig strategisk retning.
- **Institutter, Akademia og Industri:** Det er mye å hente på samarbeid mellom Institutter, akademia og industrien. Spesielt når flere industriaktører går sammen, kan dette gi skalerbare løsninger som gagnar flere. Samarbeid på tvers av sektorer kan identifisere felles faktorer og løfte både store og mellomstore bedrifter, samt mindre aktører.
- **Standardløsninger:** Mange problemer kan løses gjennom felles innsats og utvikling av standardløsninger som kildekode, funksjonsbeskrivelser og risikovurderinger. Dette vil være til nytte for mange bedrifter, og redusere behovet for at hver enkelt bedrift utvikler alt selv. Allokering av midler til slike samarbeidsprosjekter vil være svært nyttig.
- **Økonomisk Støtte:** Regjeringer og EU kan gi økonomisk støtte til prosjekter som ellers ikke ville vært mulig å gjennomføre. Initiativer som Enova kan være effektive for å teste gjennomførbarheten av prosjekter, selv om det innebærer høyere risiko. En "Digital Enova" som støtter implementering av digitale løsninger, ville gi en betydelig forbedring av dagens situasjon.
- **Nettverksmuligheter og Informasjonsdeling:** Initiativer som DigiPro kan tilby nettverksmuligheter og semi-åpen tilgang til informasjon for spesifikke digitale problemstillinger. Dette bør også inkludere samarbeid med andre organisasjoner for å dele erfaringer og løsninger.
- **Utvikling av retningslinjer:** Informasjon om nettverksprotokoller, standarder, offisielle retningslinjer, cybersikkerhet, skyløsninger og energikrav påvirker hele prosessindustrien. Virkemiddelapparatet bør støtte utviklingen av slike retningslinjer for å sikre en helhetlig tilnærming.
- **Støtte til Teknologisk Modenhet:** Økt støtte til åpen kunnskapsutvikling og bruk av tilgjengelig teknologi og agil metodikk kan bidra til å øke den organisatoriske og teknologiske modenheten i bedriftene.
- **Tilleggsfinansiering:** For digitaliseringsprosjekter er det viktig med tilleggsfinansiering for å bygge kunnskap om den nye teknologien slik den er iverksatt i hovedprosjektet. Dette kan forhindre at prosjekter ender opp i "dødens dal" og sikre verdiskapning fra offentlige midler.

Sammendrag fra intervjuer med industriledere ved hjelp av KI fra Microsoft CoPilot. Innholdet er kvalitetssikret av ekspertgruppen før publisering.

Vedlegg 3 – Beskrivelse av aktører og verktøy i virkemiddelapparatet

Norsk prosessindustrien er en kompetanseindustri som har tradisjon for å aktivt benytte FoU for å sikre økt verdiskaping og styrke sin konkurransekraft. Innsatsen spenner vidt fra forskning på biokjemiske prosesser til materialforskning og utvikling av avansert prosess teknologi. Prosessindustrien har gjennomgående god kjennskap til virkemiddelapparatet og bruker de ulike støtteordningene aktivt for å få støtte til sine FoU-prosjekter. Se Tabell 2 for roller og funksjoner for de viktigste virkemiddelapparatene.

Norges Forskningsråd

Forskningsrådet arbeider for et samfunn der forskning blir skapt, brukt, utfordret, verdsatt og delt gjennom effektive og helhetlige virkemidler for forskning og forskningsdrevet innovasjon^d. Ny kunnskap skjer gjennom forskning og innovasjon, hvor både produkt- og prosess-utvikling adresseres. Den næringsrettede forskningen er først og fremst rettet mot innovasjon på lave TRL-nivåer. I porteføljen hos Forskningsrådet er det kompetanse- og samarbeidsprosjekter (KPS) og innovasjonsprosjekter for næringslivet (IPN) som fungerer tilsynelatende godt og er flittig brukt. Best erfaring er det når industrien selv har eierskapet til prosjektet eller aktivt får delta i utforming og gjennomføring av forskningsprosjekter i samarbeid med forskningsmiljøer og andre partnere. I det følgende gjøres det kort rede for det mest relevante ordningene^e.

SFI- og FME-ordning

Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) eller Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME) er å fremme innovasjon ved å støtte langsiktig forskning gjennom et nært samarbeid mellom FoU-intensive virksomheter og fremtredende forskningsinstitusjoner. SFI skal styrke innovasjonsevnen i norsk næringsliv gjennom forskning som svarer på langsiktige behov, utfordringer og fremtidige verdiskapingsmuligheter. Forskningen skal foregå i et forpliktende og langsiktig samarbeid mellom forskningsorganisasjoner og bedrifter, gjerne også i samarbeid med offentlig sektor. Forskningen skal være på høyt internasjonalt nivå og gi grunnlag for innovasjoner og økt verdiskaping i norsk næringsliv.

Kompetanse- og samarbeidsprosjektet (KSP)

Hensikten med KSP'er er å stimulere forskningsorganisasjoner til å samarbeide med næringslivet for å bygge kunnskap som næringslivet og samfunnet trenger for å løse store samfunns- og næringsutfordringer. Det er en forutsetning at næringsaktører er partnere i prosjektet og finansierer deler av FoU-aktørenes kostnader. Forskningen i prosjektet kan være både grunnleggende og anvendt.

Innovasjonsprosjekt i Næringslivet (IPN)

IPN-ordningen støtter bedrifter som sammen med partnere ønsker å gjennomføre et prosjekt som omfatter forskningsbasert innovasjon (industriell forskning) og/eller som skal demonstrere ny teknologi (eksperimentell utvikling).

Prosjektene skal føre til samfunnsøkonomiske gevinster ved at ny kunnskap og nye løsninger fra prosjektet blir tilgjengelige for flere. Styrket konkurransekraft og innovasjonsevne er også viktig for å løse store samfunnsutfordringer og for å utvikle flere verdiskapende og bærekraftige næringer. Ordningen finansierer prosjekter som kan styrke eksisterende næringsliv og danne grunnlag for nytt.

Resultatene kan være et nytt produkt, en ny tjeneste, en ny produksjonsprosess eller en ny måte å levere produkter og tjenester på. Også vesentlige forbedringer, eller nye egenskaper ved eksisterende produkter, tjenester eller prosesser hos bedriftene, kan være et resultat.

IPN-prosjekter har et omfang og en risikoprofil som tilsier at bedriftene ikke vil kunne gjennomføre prosjektet uten midler fra Forskningsrådet. Det vil si at støtten må være utløsende for å iverksette FoU-aktivitetene.

^d <https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/2024/forskningsradets-strategi.pdf>

^e <https://www.forskningsradet.no/>

Tabell 2 Roller og funksjoner for de viktigste virkemiddelapparatene.

Virkemiddel-tilbydere	Primær rolle (mandat)	Bidrar til (verdiforslag)	Gjennom-ved hjelp av (leveranser)	Programmer og virkemidler
Siva SF	Selskapet for industrivekst – utvikler, eier og finansierer en nasjonal infrastruktur for innovasjon og næringsutvikling bestående av inkubatorer, næringshager, katapultsentre, innovasjonsselskaper, samt innovasjonssentre og industribygg.	Kobler bedrifter fra hele landet til regionale, nasjonale og internasjonale nettverk med industrielle rådgivere som også inkluderer tilgang til internasjonalt ledende industriell testinfrastruktur og kompetanse.	Med rådgivende tjenester for industriell tjenesteutvikling og industriell skalering, test av produkter, løsninger og tjenester. Gjennom investeringer i eiendommer og tilrettelegging av grønne industritomter senker barrierer for etablering av ny næringsvirksomhet.	Gjennom regionale innovasjonsselskap, landsdekkende inkubatornettverk og gjennom 13 katapulter, nasjonalt nettverk av industrielle testsentre med industriell ekspert-kompetanse. Grønn Plattform (sammen med NFR og IN)
Norges forskningsråd	Forskningsrådet finansierer forskning og innovasjon som styrker kunnskap, verdiskaping og bærekraft i Norge. Forskningsrådet støtter både grunnforskning og anvendt forskning innen prioriterte områder og fremmer samarbeid mellom akademia, næringsliv og offentlig sektor.	Sikrer nødvendig teknologiutvikling, innovasjon og kompetansebygging på nasjonalt prioriterte områder samt tilgang til internasjonale forskningsprogrammer som Horisont Europa (EU). Dette fremmer samarbeid på tvers av landegrensener, styrker konkurranseevnen til norsk industri, og bidrar til nødvendig omstilling.	Gjennom investeringer i forsknings- og innovasjonsprosjekter, veiledning i søknadsprosesser og rådgiving for å legge til rette for samarbeid mellom næringsliv og FoU-miljøer, samt deltakelse i internasjonale forskningsprogrammer som Horisont Europa.	Ved bruk av sentrale virkemidler som Kompetanse- og samarbeidsprosjekter (KSP) og Innovasjonsprosjekter for Næringslivet (IPN) for forsknings-drevet innovasjon, Grønn Plattform for grønn omstilling, samt Skatte FUNN for FoU-støtte i bedrifter.
Innovasjon Norge	Innovasjon Norge er statens og fylkeskommunenes virkemiddel for å realisere verdiskapende næringsutvikling i hele landet	Utløse bedrifts- og samfunns-økonomisk lønnsom næringsutvikling, basert på de ulike regionenes næringsmessige muligheter	Gjennom tjenester innen finansiering, rådgivning, kompetanse, nettverk og profilering av norske virksomheter	Gjennom tilskudds-ordninger som Miljøteknologi-ordningen og innovasjons-kontrakter eller låneordninger og Grønt vekstlån, Grønn Plattform for grønn omstilling

SkatteFUNN

SkatteFUNN (Skattefradrag for Forskning og Utvikling i et Nyskapende Næringsliv) er en rettighetsbasert skattefradragsordning for norske bedrifter. Det kan søkes om skattefradrag for 19 prosent av kostnadene til et forsknings- og utviklingsprosjekt. Ordningen administreres av Forskningsrådet, i samarbeid med Skatteetaten.

Prosjektene skal

- ha som mål å utvikle eller forbedre en eksisterende vare, tjeneste eller produksjonsprosess
- få fram ny kunnskap eller bruke eksisterende kunnskap på nye måter, det vil si
 - ta for seg en FoU-utfordring (problemstilling) som ikke har noen kjent løsning i dag
 - beskrive hvordan dere skal gå systematisk fram for å få frem ny kunnskap
- være målrettet og avgrenset, og det må være mulig å skille prosjektet fra den vanlige driften og virksomheten i bedriften

Innovasjon Norge

Innovasjon Norge tilbyr tjenester innen finansiering, rådgivning, kompetanse, nettverk og profilering innenfor et bredt spekter områder^f. Riktignok har Innovasjon Norge ingen finansieringsordninger som særskilt retter seg mot automatisering og digitalisering av industrien, men digitalisering og automatisering kan inngå som elementer i prosjekter som får støtte gjennom tilskuddsordninger som Miljøteknologiordningen og innovasjonskontrakter eller låneordninger og Grønt vekstlån.

Prosessindustrien benytter seg i begrenset grad av finansieringsmulighetene gjennom Innovasjon Norge. Spesielt gjelder dette bedriftssamarbeid eller konsortier. Småbedrifter er ofte den kreative motoren i næringsutvikling og innovasjon, og ikke minst er dette tilfelle innen digitalisering. Her ligger det sannsynligvis en utnyttet finansieringsmulighet for prosessindustriens digitaliseringsprosjekter. I det nedenstående gis det en kort presentasjon av de mest relevante ordningene:

Miljøteknologiordningen

Miljøteknologiordningen åpner for tilskudd til FoU-aktiviteter knyttet til teknologier, prosesser, løsninger og tjenester. Formålet med miljøteknologiordningen er å løse et miljøproblem. I hvilken grad en ny teknologi bidrar vesentlig til å løse miljøutfordringer, vurderes i lys av EUs taksonomi. Tiltak som primært bidrar til effektivisering og produktivitetsforbedring, uten vesentlig miljøeffekt, anses ikke å være miljøteknologi. I hvilken grad digitalisering og automatisering vil gi vesentlig (positiv) effekt på miljøet, vurderes fra sak til sak.

Innovasjonskontrakter

Innovasjonskontrakter åpner for tilskudd til FoU-aktiviteter, og skal gi risikoavlastning til prosjekter som er innovative og som har internasjonalt potensial. Det forutsetter at innovasjonsprosjektet er forbundet med betydelig markeds- og/eller prosjektrisiko. Kjernen i innovasjonskontrakter er utvikling i tett samarbeid med markedet og pilotkunde, med mål om å kommersialisere en ny løsning – og potensial for skalering og vekst. Digitalisering og automatisering kan inngå som elementer i disse prosjektene.

Innovasjonslån / Risikolån

Innovasjonslån er en finansieringsordning fra Innovasjon Norge som støtter lønnsomme utviklings- og investeringsprosjekter, spesielt for bedrifter som ikke kan få ordinær bankfinansiering på grunn av manglende sikkerhet. Lånet er tilgjengelig for bedrifter over hele landet og prioriterer prosjekter som fremmer nyskaping, vekst og internasjonalisering. Det kan brukes til investeringer i bygg, maskiner og utstyr, samt utviklingsprosjekter som bidrar til bedriftens vekst og innovasjon. Innovasjonslån er en gunstig toppfinansiering som hjelper bedrifter med å realisere ambisiøse prosjekter.

Grønt vekstlån

Grønt vekstlån kan gis til investeringer i materielle og immaterielle eiendeler for å etablere produksjon av klimaløsninger. Lånet gjør bedriften i stand til å bygge produksjonsfasiliteter for nye systemer, løsninger, produkter

^f <https://www.innovasjon norge.no/>

og tjenester som gir reduksjon i klimagassutslipp når det rulles ut i markedet. Hvorvidt digitalisering og automatisering vil gi en positiv miljøeffekt vurderes fra sak til sak.

Lavrisikolån

Lavrisikolån er primært et tilbud til små og mellomstore bedrifter over hele landet og i alle næringer og bransjer, men tilbudet omfatter også store bedrifter. Finansiering med lavrisikolån dekker virksomhetens behov for langsiktig lånefinansiering av anleggsmidler, men også kapitalstyrking, internasjonalisering og utviklingsaktiviteter.

Grønn Industrifinansiering (Ny fra og med 2024)

Målet er å nyskapende, grønne industriprosjekter i ulike deler av verdikjeden. Ordningen retter seg mot bedrifter som har, eller kommer til å ha, verdiskapende aktivitet i Norge. Grønn industrifinansiering skal primært være en ordning for risikolån med subsidierte betingelser, og det kreves betydelig privat medfinansiering i alle prosjektene. Dette initiativet er en del av regjeringens satsing på et *Grønt industriløft*, som skal fremme attraktive arbeidsplasser, verdier og velferd for framtida, redusere utslipp og bidra til grønn omstilling.

Klyngeprogrammet

Klyngeprogrammet, drevet av Innovasjon Norge i samarbeid med Siva og Forskningsrådet, er en katalysator for verdiskaping i det norske næringslivet. Det fremmer samarbeidsbasert utvikling som ellers ikke ville skjedd så raskt eller i så stor skala uten offentlig inngripen. Programmet er strukturert i tre nivåer med en tidsramme på tre år hver, og klynger kan motta driftsfinansiering i opptil ti år i henhold til statsstøtteregulverket (GBER artikkel 27).

Med en overgangsperiode i sikte, vil de eksisterende modulene som Arena, Arena Pro, GCE og NCE, samt støtte til modne klynger, fases ut og erstattes av nye programnivåer: NIC Connect, NIC Explore og NIC Impact. Disse nye programmene er designet for å ta over stafettpinnen og fortsette å drive innovasjon og samarbeid i norsk næringsliv. Frem til utgangen av 2026 vil klynger fra tidligere programnivåer gå ut av programmet.

I prosessindustrien er det tre etablerte klynger som styres av bedriftene hhv. Eyde-klyngen (NCE), Arctic Cluster Team (Arena-Pro) og Industrial Green Tech (Arena).

Siva

Siva - Selskapet for industrivekst - eier og finansierer en nasjonal infrastruktur for innovasjon og næringsutvikling bestående av inkubatorer, næringshager, katapultsentre, innovasjonsselskaper, samt innovasjonssentre og industribygg⁹.

Norsk Katapult

Ordningen Norsk katapult har som formål å bygge opp en nasjonal testinfrastruktur som skal bidra til raskere industriell verdiskaping og grønn omstilling i industri og næringsliv i hele landet. I samarbeid med Norges fremste industrimiljø legger ordningen til rette for etablering og utvikling av katapulter (industrinære testarenaer) på utvalgte områder av stor verdi for norsk industri. Her får bedrifter enkelt tilgang til utstyr, teknologi og kompetanse hos landets fremste industrimiljø, og Norge som nasjon får mer innovasjon, raskere omstilling og styrket konkurransekraft.

Det er til nå etablert fem katapulter og åtte noder innenfor muliggjørende teknologiområder (produksjonsteknologi, material-teknologi, digitalisering) og innenfor sektorer av stor nasjonal betydning (fornybar energi og havnæringer). Se Figur 33.

⁹ <https://siva.no/virkemidler/>



Figur 33 Dagens katapult-struktur (pr. desember 2024).

Katapultsentrenes tjenestetilbud bidrar til at bedrifter får rask avklaring på sine utfordringer, økt innovasjonstakt og økt industriell kompetanse. Ordningen er nå utvidet med åtte noder som skal forsterke testinfrastrukturen og sørge for økt innovasjonsevne, raskere omstilling og styrket konkurransevne. Dette innebærer at Manufacturing Technology Norwegian Catapult Centre (MTNC) og DIGICAT, som er spesielt relevante for automatisering og digitalisering, er forsterket innenfor områdene: anvendelse av robotteknologi, systemteknologi og verdikjedeintegrasjon samt anvendelse av KI-teknologi.

Gjennom katapultordningen er det tilgjengeliggjort et høyt antall industrielle eksperter (fra industrien selv) som overfører sin industrielle spisskompetanse gjennom mange prosjekter. En nylig rapport fra Menon peker på at det viktigste resultatet fra prosjektene hos Norsk katapult er økt industriell kompetanse. Katapultene gjør det mulig for bedrifter å teste og utvikle nye løsninger innen automatisering og digitalisering, samt tilføre betydelig kompetanse fra for eksempel de industrielle ekspertene eller kjernepartnerne, før de gjennomføres i full skala. Dette gjør det mulig å avklare før bedriften selv investerer i nye løsninger. Dette er det som gjør ordningen unik og bidrar til at kjernepartnerne kommer i posisjon slik at SMB'ene kan dra nytte av dem. Her er nok Norge helt fremst i Europa.

For prosessindustrien er domene Future Materials, Digitale og Manufacturing Technology de mest relevante.

Næringshage- og inkubasjonsprogrammene

Sivas næringshageprogram og inkubasjonsprogram er sentrale og næringsnøytrale virkemidler for bedrifter i hele landet. Med 39 næringshager og 35 inkubatorer lokalisert over hele landet, får bedriftene gjennom Sivastrukturen tilgang til relevant og avgjørende kompetanse, nettverk og kapital for å lykkes med sin utvikling og vekst. Næringshagene og inkubatorene er tett på næringslivet og tilbyr samlet mer enn 600 rådgivere. Bedriftene får oppfølging i en kritisk fase av utviklingen og blir koblet opp mot relevante virkemidler, investorer, industrielle partnere, forskningsmiljøer osv.

Næringshage- og inkubasjonsprogrammene skal bidra til å utvikle bærekraftig og fremtidsrettet næringsliv i distriktene, og å utvikle fremtidens bærekraftige vekstbedrifter i hele landet. Næringshagene og inkubatorene er sentrale verktøy for å lykkes med grønt industriløft, og skal bidra til at bedrifter og oppstartsbedrifter over hele landet både etableres og skaleres.

Hovedmålsettingen til næringshageprogrammet er å bidra til økt verdiskaping basert på regionale fortrinn, gjennom å legge til rette for utvikling av bærekraftige og omstillingsdyktige bedrifter. Næringshageprogrammet er et distriktspolitisk virkemiddel.

Inkubasjonsprogrammet skal bidra til økt nasjonal verdiskaping gjennom effektivt å identifisere, videreutvikle og kommersialisere gode ideer til nye vekstbedrifter, og utløse vekst i etablerte virksomheter. Målgruppen for inkubatorene er innovative ideer og bedrifter med hovedsakelig internasjonalt vekstpotensial.

Gjennom næringshageprogrammet og inkubasjonsprogrammet tilbyr Siva kompetanse, nettverk og tilgang til kapital til bedrifter. Næringshagene og inkubatorene følger bedriftene tett gjennom utviklingen. De bistår bedriftene med å få tilgang til virkemidler både hos Innovasjon Norge, Forskningsrådet og andre virkemidler. Innovasjon Norge henviser bedrifter til Sivas næringshager og inkubatorer for tettere oppfølging.

Eiendomsinvesteringer

Siva Eiendom er en nasjonal eiendomsaktør som investerer, utvikler og forvalter eiendom for industri og næringsutvikling. Vi investerer der hvor det ikke finnes tilstrekkelig risikovillig privat kapital. Gjennom sine eiendomsinvesteringer skal Siva senke barrierer for etablering der markedsmekanismer gjør dette spesielt krevende, også for større industrielle eiendomsprosjekter.

Felles tilbud/virkemidler

Grønn plattform

Grønn plattform er både en finansieringstjeneste for store, grønne samarbeidsprosjekter og en kompetansetjeneste. Målet med Grønn plattform er å få fart på grønn omstilling i næringslivet og sikre et samfunnsøkonomisk lønnsomt og internasjonalt konkurransedyktig norsk næringsliv. Støtten gis til konsortier som bidrar til næringsutvikling for lavere utslipp og bedre ressursutnyttelse på en måte som sikrer naturmangfold og miljø. I tillegg til den finansielle støtten, mottar konsortiene kompetansetjenester innen blant annet forretningsmodellering.

Prosjektene er samfinansiert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Siva. Konsortiet består av forskningsinstitutter, industribedrifter, innovasjonsselskaper og katapultene. I Grønn plattform jobbes det både med forskning og innovasjon på ny teknologi, samt test og verifisering av teknologienes anvendelighet.

Pilot-E

PILOT-E er et finansieringstilbud til norsk næringsliv, etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Målet med ordningen er at helt nye produkter og tjenester innen miljøvennlig energiteknologi skal bli raskere utviklet og tatt i bruk for å bidra til utslippskutt både i Norge og internasjonalt. Et PILOT-E-prosjekt skal omfatte hele løpet fra forskning til fullskala demonstrasjon av nye konsepter eller innovative løsninger under reelle driftsforhold.

European Innovation Digital Hubs

Digital Europe er EUs program for digital transformasjon i næringslivet og offentlig sektor. Hensikten er at økt bruk av digitale teknologier skal styrke næringslivets konkurransekraft, bedre offentlige tjenester, og bidra til å løse globale utfordringer innen klima, miljø, helse og sikkerhet. Programmet skal også bidra til at EU blir mer teknologisk uavhengig av andre land og regioner. Et av flere initiativ innen programmet er investeringer i teknisk infrastruktur og digital kompetanse som norske bedrifter, klynger og andre forsknings- og innovasjonsaktører kan dra nytte av. Norge er med i Digital og det er to EDIH'er i Norge, Nemonoor^h og Oceanopolisⁱ.

Gassnova

Gassnova har som oppdrag å realisere karbonfangst og -lagring, og har det overordnede ansvaret for Climit-programmet^j. Av de årlige midlene til Climit går en halvdel til Climit-FoU og den andre til Climit-demo. Climit er et viktig virkemiddel for norsk prosessindustri også fremover. Selv om det først og fremst handler om karbonfangst og -lagring, blir tvilling-transformasjonen stadig viktigere, og da blir også digitaliseringen et sentralt element for å lykkes.

^h <https://nemonoor.no/>

ⁱ <https://oceanopolis.no/>

^j <https://gassnova.no/>

Enova

Formålet med alle Enovas teknologiprogrammer er å fremskynde teknologiutvikling og innovasjon som bidrar til utslippsreduksjoner frem mot lavutslippssamfunnet i 2050. Gjennom Industri 2050 skal Enova bidra til at ny teknologi utvikles, forbedres og tas i bruk raskere, og dermed muliggjøre en raskere og rimeligere omstilling til lavutslippssamfunnet. Slik teknologi og løsninger må på sikt kunne bli foretrukket i markedet på kommersielle vilkår uten støtte.

Eksfin

Eksfins ordning for investeringslån kan finansiere investeringer i produksjonsutstyr dersom dette bidrar til økt eksport. For grønne investeringer må det være et potensial for eksport 5-10 år fram i tid, og Eksfin har anledning til å se verdikjeder under ett. Dette innebærer at all produksjon som inngår i en grønn verdikjede med eksportpotensial kan kvalifisere til ordningen, selv om kundene til den aktuelle bedriften kun er innenlands. For investeringer som ikke defineres som grønne, må koblingen mot eksport være sterkere.

EU programmer og initiativ

A.Spire er prosessindustriens europeiske industriforening og representerer sektorer og organisasjoner knyttet til bærekraftig prosessindustri. De fokuserer på å fremme samarbeid og innovasjon for å redusere ressursbruk og miljøpåvirkning i industriprosesser. A.Spire koordinerer initiativer og prosjekter under EU-programmer som Horisont Europa, og fungerer som en bro mellom industrien, forskningsmiljøer og myndigheter.

Processes4Planet

Processes4Planet (P4Planet)^k er et offentlig-privat partnerskap (PPP) mellom EU og prosessindustrien, initiert av A.Spire. P4Planet fokuserer på å transformere europeiske prosessindustrier for å oppnå sirkularitet og klimanøytralitet innen 2050, samtidig som de styrker sin globale konkurranseevne. Her er de viktigste fokusområdene:

- **Utvikling og implementering av klimanøytrale løsninger:**
 - P4Planet jobber med å bringe både teknologiske og ikke-teknologiske innovasjoner til et nivå hvor de kan implementeres bredt for å bidra til klimanøytralitet
- **Energi- og råstoff:**
 - Prosessindustriene utvikler og implementerer bærekraftige sirkulære forretningsmodeller gjennom innovasjoner, tverrsektorielt samarbeid og engasjement med lokale økosystemer. Målet er å oppnå nesten null deponering og nesten null utslipp av avløpsvann innen 2050
- **Globalt lederskap i klimanøytrale og sirkulære løsninger:**
 - P4Planet ønsker å akselerere innovasjon og utløse både offentlig og privat investering for å gjøre klimanøytrale og sirkulære løsninger mer attraktive. Dette vil styrke den konkurransedyktige posisjonen til europeiske prosessindustrier

EUs satsinger på kapasitetsbygging for økt konkurranseevne

EU peker i økende grad på innovasjonsøkosystemene som en avgjørende faktor for at mange bedrifter skal lykkes i sine utviklingsløp og styrke sin konkurranseevne. *European Innovation Ecosystems* (EIE) samarbeider med EU-programmer som *European Innovation Council* (EIC), *European Institute of Innovation and Technology* (EIT) og *Horisont Europa*, for å skape mer sammenkoblede og effektive innovasjonsøkosystemer. Målet er å støtte vekst, oppmuntre til innovasjon og fremme samarbeid på tvers av nasjonale og regionale aktører.

EU har spesielt fremmet satsinger under *Digital Europe*-programmet, som EDIHer (*European Digital Innovation Hubs*) og TEFer (*Test and Experimentation Facilities*), for å øke bedriftenes evne til å ta i bruk digitale teknologier på en verdiskapende måte. I tillegg har Digital Europe-programmet igangsatt større initiativ som skal bidra til felles standarder for datadeling og tilrettelegging for felles datasjøer.

^k <https://www.aspire2050.eu/p4planet/about-p4planet>

I 2024 har kommisjonen igangsatt et større prosjekt for å utvikle en strategi for teknologisk infrastruktur (TI) som skal bidra til raskere implementering av blant annet digitale teknologier, og realisering av løsninger som gir lavere CO₂-avtrykk. TI'er skal komplementere eksisterende forskningsinfrastruktur ved å tilby industriell ekspertkompetanse fra bedrifter og institutter som åpner opp sine teknologiplattformen og testfasiliteter. Når TI'er samspiller med det EU definerer som *industrial infrastructure*, som er pilot- og demonstrasjonslinjer, vil bedrifter ha kapasiteter de kan spille på helt frem til implementering. Eksisterende teknologi og testinfrastruktur hos institutter og katapulter vil være godt posisjonert for den nye TI-strategien til EU.

Nasjonalt nivå

På nasjonalt nivå har katapultene fått et oppdrag om å tilby testfasiliteter og kompetanse som hjelper industrielle aktører med tjenester som blant annet skal bidra til raskere implementering av digitale prosesser. Katapultene har fem hovedområder, hvor material, produksjon og digital er de mest aktuelle for prosessindustrien. Den digitale katapulten har et partnerskap av ledende teknologibedrifter, institutter, NTNU og store internasjonale IT/teknologigiganter. Katapulten består av et senter, to noder og EDIH'en Nemonoor. De samarbeider strategisk og operativt slik at bedriftene får tjenestene der det er mest hensiktsmessig.

Virkemidlenes plassering langs TRL skalaen

TRL-skalaen (Technology Readiness Level), CRI-skalaen (Commercial Readiness Index) eller MRI (Manufacturing Readiness Index) er ofte benyttede begreper i forbindelse med forskning, industriell utvikling, markedsintroduksjon og oppskalering. Disse er vel etablert og benyttet for å indikere modenhetsnivået på utviklingen.

Grunnforskning (TRL-nivå 1):

Grunnleggende forskning anvender anerkjente vitenskapelige metoder og teorier, og bidrar også til å utvikle disse. Grunnleggende forskning motiveres av å bidra til vitenskapelig nyskaping på teoretisk, metodisk eller empirisk nivå. Grunnleggende forskning er generisk og danner utgangspunkt for annen type forskning. Den viktigste nytteverdien til grunnleggende forskning er at den gir nye innsikter som endrer kunnskapsområder og som annen forskning kan bygge videre på.

Industriell forskning (TRL-nivå 2-4):

Tilsvarende planlagt forskning eller kritisk undersøkelse med sikte på erverv av ny kunnskap og ferdigheter, som er nødvendig for å kunne utvikle nye produkter, prosesser eller tjenester eller for å kunne frembringe betydelig forbedring i eksisterende produkter, prosesser og tjenester (dvs. eksperimentell utvikling).

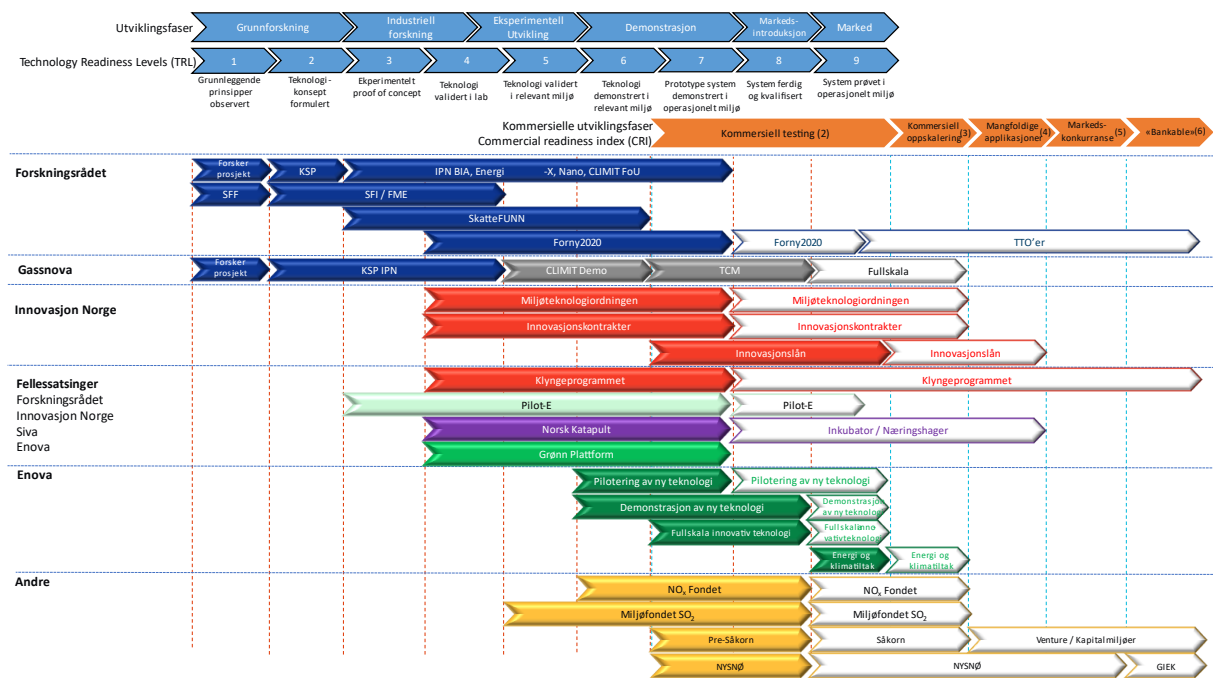
Eksperimentell utvikling (TRL-nivå 5-7):

Eksperimentell utvikling kan omfatte fremstilling av prototyper, demonstrasjoner, fremstilling av piloter og testing og validering av nye eller forbedrede produkter, prosesser eller tjenester i sammenhenger som er representative for de reelle driftsforhold, med det primære formål teknisk å videreutvikle produkter, prosesser eller tjenester, som ennå ikke har fått sin endelige form. Dette kan omfatte utvikling av en kommersielt anvendelig prototype eller pilot, når dette nødvendigvis må være det endelige produkt, og dersom den er for kostbar å fremstille til kun å bli brukt til demonstrasjons- og valideringsformål.

Kommersielle utviklingsfaser (CRI-nivå 1-6)

En av utfordringene med TRL-klassifisering er at man kan ha et spredt utvalg av teknologier som har oppnådd høyeste TRL-nivå (TRL-9), men som har svært forskjellige utgangspunkt for å konkurrere på kommersielle markedsbetingelser. I slike sammenhenger kan det være hensiktsmessig å supplere TRL-klassifiseringen med en skala som ivaretar disse forskjellene. Dette kan blant annet gjøres gjennom en såkalt CRI-skala – Commercial Readiness Index.

Figur 34 viser hvordan virkemidler og kapital instrumenter spiller sammen langs TRL- og CRI-skalaen.



Figur 34 Hvordan virkemidler og kapital instrumenter spiller sammen langs TRL- og CRI-skalaen.

Vedlegg 4 – Målbilder for digitaliseringsprosjekter

Rollen er å styrke bedriftenes evne til å skape arbeidsplasser, møte fremtidige utfordringer og bidra til samfunnets økonomiske robusthet. Som en forsterkning av denne overordnede beskrivelsen av virkemidlenes rolle og funksjon har vi utviklet seks forslag til målsettinger eller mål for digitaliseringen av prosessindustrien.

1. Økt produksjonseffektivitet

- **Målsetting:** Øke produksjonseffektiviteten gjennom automatisering, prediktivt vedlikehold og optimalisering av produksjonsprosesser.
- **Beskrivelse:** Ved å ta i bruk digitale verktøy og teknologi for optimalisering og automatisering kan prosessindustrien effektivisere produksjonsprosesser, redusere nedetid og øke produksjonskapasiteten. For eksempel kan prediktivt vedlikehold forhindre maskinhavari, noe som reduserer nedetid og reparasjonskostnader.
- **Effekt:** Økt produksjonskapasitet, lavere driftskostnader og høyere ressursutnyttelse.
- **KPI'er:** Reduksjon i innsatsfaktorer (målt i xx eller yy); Reduksjon i nedetid (målt i timer per måned); Økning i produksjonskapasitet (målt i enheter produsert per time); Reduksjon i vedlikeholdskostnader (målt i kroner per år)

2. Forbedret produktkvalitet og nye anvendelsesområder

- **Målsetting:** Bruke digitale verktøy til å sikre høyere og mer stabil kvalitet på produkter og prosesser gjennom sanntidsovervåking, monitorering og automatisk regulering. Økt anvendelighet av produkter i nye kundegrupper/sluttprodukter som følge av digitalt støttet produktutvikling.
- **Beskrivelse:** Digitalisering muliggjør presis sanntidsmåling og analyse av produksjonsparametere som temperatur, trykk og sammensetning. Ny sensortechnologi for «inline» målinger, og nye metoder for dataanalyse (f.eks. innen maskinlæring og KI) muliggjør automatisk justering av produksjonsprosesser slik at produkter bedre kan møte kvalitetsstandarder.
- **Effekt:** Redusert avfall, færre feilproduksjoner og høyere kundetilfredshet.
- **KPI'er:** Reduksjon i antall feilproduksjoner (målt i prosent); Økning i kundetilfredshet (målt i kundetilfredshetsindeks); Salg til nye kundegrupper eller sluttprodukter; Reduksjon i avfall (målt i tonn per år).

3. Redusert klima- og miljøpåvirkning

- **Målsetting:** Minimere utslipp og ressurstap gjennom digitale løsninger som bidrar til mer effektiv energi- og ressursforvaltning.
- **Beskrivelse:** Gjennom digitalisering kan prosessindustrien ta i bruk mer energieffektive løsninger og løsninger for sirkulærøkonomi, noe som kan bidra til å redusere klimagassutslipp og gi bedre ressursstyring som lavere råvarepådrag og mindre biprodukt. Som eksempel kan digital tvilling-teknologi, IoT og KI kan brukes for å overvåke og simulere produksjonsprosesser, identifisere områder for energibesparelser, forbedre logistikk og distribusjon.
- **Effekt:** Redusert CO₂-utslipp, lavere energiforbruk, optimalisert ressurstilførsel og mer bærekraftig produksjon som også kan bidra til å møte regulatoriske krav.
- **KPI'er:** Reduksjon i antall feilproduksjoner (målt i prosent); Økning i kundetilfredshet (målt i kundetilfredshetsindeks); Reduksjon i avfall eller utslipp (målt i tonn per år eller utslipp pr enhet). Spesifikt forbruk av innsatsfaktorer pr. produsert enhet; Økt **premium** på produkter som følge av bærekraftig produksjon

4. Økt fleksibilitet i produksjonen

- **Målsetting:** Øke fleksibiliteten i produksjonen for å tilpasse seg raskt skiftende leveringstilgang, markedsførhold og kundebehov (eksempelvis ved økt krav om produkter med miljøpass).
- **Beskrivelse:** Digital teknologi gjør det mulig for bedrifter å tilpasse seg raskt til endringer i markedet og kundebehov, samt å utvikle mer skalerbare og modulære produksjonssystemer. Smidige produksjonsprosesser kan justeres raskt gjennom automatisering og dynamisk planlegging.
- **Effekt:** Raskere tilpasning til endringer i markedet, høyere kundetilfredshet og konkurranseevne.
- **KPI'er:** Reduksjon i tid for å tilpasse produksjonslinjer (målt i timer); Økning i antall produktvarianter produsert (målt i antall); Reduksjon i lagerbeholdning (målt i dager).

5. Forbedret sikkerhet og risikohåndtering

- **Målsetting:** Redusere sikkerhetsrisikoer og forbedre arbeidsmiljøet gjennom digital overvåking og automatisering.

- **Beskrivelse:** Digitale løsninger som sensorer, KI og robotikk og drone-teknologi kan identifisere og håndtere farlige situasjoner raskt og med redusert risikonivå. Digitale systemer kan overvåke produksjonsprosesser i sanntid, noe som gjør det lettere å oppdage og reagere på mulige farer før de blir alvorlige problemer. Automatisering og bruk av roboter kan også redusere behovet for manuelt arbeid i farlige miljøer, noe som minsker risikoen for arbeidsulykker. I tillegg kan automatisering bidra til å ta bort fysisk krevende manuelle oppgaver som fører til slitasjeskader, eller oppgaver som er lite stimulerende.
- **Effekt:** Redusert antall arbeidsulykker, bedre arbeidsmiljø og forbedret risikohåndtering.
- **KPI'er:** Reduksjon i antall arbeidsulykker (målt i antall per år); Økning i antall sikkerhetsinspeksjoner (målt i antall per måned); Reduksjon i kostnader knyttet til uforutsette driftsstans (målt i kroner per år)

6. Forbedret tjenesteutvikling, økt og effektivisert sporbarhet

- **Målsetning:** Utvikle nye tjenester som kan supplere fysiske produkter som sporbarhetsdokumentasjon ala produktpass
- **Beskrivelse:** Det kan være hensiktsmessig å utvikle supplerende produkter som kan assosieres med fysiske produkter produsert i industrien. Økende krav til sporbarhet kan tvinge frem digitale løsninger som oppgir kvalitet, historikk, miljøfotavtrykk etc.
- **Effekt:** Produsent og kunde må arbeide tettere sammen som øker sannsynlighet at produsent forblir foretrukken leverandør. Kunde bidrar til å skjerpe produktkvalitet og presisjon.
- **KPI'er:** Antall utviklede tjenestebaserte kundeforhold, Økning i kundetilfredshet (målt i kundetilfredshetsindeks); Redusert tidsforbruk og økt presisjons- og detaljnivå i utarbeidelse av produktpass/sporbarhet; Økt premium på produkter som følger av kunnskap/tjenester som følger med

Vedlegg 5 – Ekspertgruppens mandat

Bakgrunn og begrunnelse for etablering av ekspertgruppen

Prosess21 er etablert av Nærings- og fiskeridepartementet og Klima- og miljødepartementet. Prosess21 skal gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050, og samtidig legge til rette for bærekraftig omstilling, vekst og verdiskaping. Prosessindustrien inngår i regjeringens satsing - Grønt Industriløft. Prosess21 fikk [nytt mandat og styringsgruppe](#) fra Nærings- og fiskeridepartementet i februar 2024. Nærings- og fiskeridepartementet og Klima- og miljødepartementet har observatører i styringsgruppen.

Prosess21 [etablerte ekspertgruppe](#) med eget mandat som fokuserte på de spesifikke digitale utfordringene og mulighetene som gjelder for den norske prosessindustrien. Gruppen avholdt workshops, men dessverre ble det aldri tid til å ferdigstille en egen rapport. Konklusjonen fra arbeidet ble likevel innarbeidet i [Prosess21 hovedrapport](#) og med egen anbefaling - *Industrien bør etablere digitaliseringsstrategier som inkluderer forbedringsmuligheter i alle delene av virksomheten*¹ og i sammendraget i hovedrapporten kan leses:

"Både i et 10-års og et 30-års perspektiv har den norske prosessindustrien behov for omfattende omstilling. Behovet inkluderer økt digitalisering med tilhørende kompetanseheving. Prosessindustrien i Norge er langt framme innen automatisering av produksjonsprosessene, men sammenlignet med andre bransjer er prosessindustrien sent ute med å utvikle og ta i bruk den fulle bredden av ny digital teknologi. Spesielt innen kundenære prosesser, tjenesteinnovasjon og automatisering av administrative prosesser, har prosessindustrien mye å lære av andre bransjer"

Det er gått over tre år siden Prosess21 ekspertgruppen på digitalisering avsluttet sitt arbeid. Veldig mye har skjedd på fagområdet de siste årene og det er derfor hensiktsmessig å oppdatere kunnskapsgrunnlaget og foreslå oppdaterte anbefalinger og råd.

Nye digitale plattformer utvikles og kildekoder/dataprogrammer tilgjengeliggjøres åpent på internett slik at andre kan inspisere, endre og gratis bruke dem (*Open source*). IOT (*Internet of Things*) muliggjør i økende grad at ulike komponenter kan kobles på nett og fjernstyres. Dette krever igjen bedre kontroll med [cyber-sikkerhet](#). Kunstig intelligens har og vil fortsette å utvikle seg i rekordfart med muligheter for at beregninger kan gjøres nær der data faktisk samles inn, i stedet for på et sentralisert sky-anlegg. Utstyr som sensorer, visuelle systemer, droner og autonome kjøretøy vil effektivisere og profesjonalisere produksjonsprosesser. Dette veies imot at eksisterende industri har en utstyrsark med lang levetid som ikke lett lar seg styre av nye digitale verktøy uten betydelige investeringer. Det ligger også store muligheter i markedsløsninger og kundeoppfølging som verdiskapende løsninger for bedriftene.

Bedriftene må ha et bevisst forhold til hvor i bedriftens systemer en gjennomfører ulike digitaliseringsløft. Effekten av prosjektene må gagne konkurransekraft og kan ikke baseres på "nice to have". Digital opplæring av nåværende ansatte vil måtte økes og bedrifter må evne å ta imot nye ansatte med betydelig digital brukerforståelse. [EU Industri 5.0](#) peker blant annet på behovet for å sette ansatte i sentrum av utviklingen.

I JRC rapport til EU-kommisjonen A [Europe fit for the digital age](#) settes fokus på å styrke egen digitale suverenitet gjennom bruk av data, teknologi og infrastruktur. Faren for å gjøre seg for avhengig at teknologiutvikling i andre regioner må føre til utvikling i samarbeid mellom EU-landene. Det settes søkelys på *Twin Transition* som likestiller behovet for å håndtere bærekraftig omstilling med bruk av digitale løsninger - [the green and digital transitions](#).

Regjeringen, gjennom det nyetablerte [Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet](#) har varslet ferdigstilling av egen [digitaliseringsstrategi](#) i 2024 med et mål om sterkere samordning og utvikling av en helhetlig politikk på tvers av offentlig og privat sektor. [KI-milliarden](#) ble lasert i september 2023 og i hovedsak er midlene tildelt Forskningsrådet som i 2024 lyser [ut inntil 850 millioner til fire til seks KI-sentre](#) i størrelsesorden 75–200 millioner.

Industrien i Norge har et godt utgangspunkt for å kunne oppnå konkurransefordeler ved bruk av digitalisering:

- Høyt kompetansenivå og inngående kjennskap til de grunnleggende mekanismene i produksjonsprosessene på alle nivåer i organisasjonene, fra operatør til topledernivå.
- Tett samarbeid mellom industrien og universitets og instituttsektoren.
- Kultur for samarbeid og deling av informasjon.
- Sammenlignet med mange andre land, kombinasjon av høy kompetanse og høyt lønnsnivå som gjør at motivasjonen er stor til å ta i bruk ny teknologi for å opprettholde konkurransekraften.

- Høy grad av tillit mellom og vilje til omstilling hos partene i arbeidslivet.

I lys av dette har styringsgruppen for Prosess21 besluttet å videreføre et arbeid på digitalisering ved å etablere en ekspertgruppe for å evaluere hvordan digitalisering kan bidra til økt verdiskaping i Norsk prosessindustri.

Effektmål for ekspertgruppen innen digitalisering

Ekspertgruppens rapport vil være et hjelpemiddel for den norske stat og den enkelte prosessindustribedrifts ledere og ansatte i deres mål og arbeid for å legge til rette for verdiskaping i Norge i form av forbedrede finansielle resultater, reduserte klimagassutslipp og forbedrede HMS resultater (helse, miljø og sikkerhet, i tillegg til klima).

Overordnet effektmål er at norsk prosessindustri tar en ledende posisjon globalt i å realisere potensialet for økt verdiskaping fra digitalisering. Det forventes også at digitalisering vil bidra til mer ressurseffektiv produksjon og reduserte utslipp av klimagasser. De viktigste bidragene til å redusere klimagassutslippene vil være:

- Nye produkter og tjenester som vil være forutsetninger for framtidens lavutslippssamfunn.
- Redusert forbruk av innsatsfaktorer i produksjon som følge av økte utbytter, med positivt bidrag på forbruket av råvarer og energi.
- Økt produksjon i eksisterende produksjonsanlegg slik at behovet for å bygge nye anlegg reduseres.
- Effektiv logistikk.

I tillegg til verdiskaping i prosessindustrien, bør verdiskaping finne sted i den tilknyttede leverandørindustrien, universitets og instituttsektoren og i samfunnet for øvrig.

Ekspertgruppens resultatmål og arbeidsomfang

Ekspertgruppen skal beskrive og vurdere forutsetningene for og tiltakene som kreves for at digitalisering skal bidra til økt verdiskaping og reduserte utslipp fra prosessindustrien. Ekspertgruppens resultatmål vil i stor grad være de samme som fra [tidligere mandat](#) med fokus på:

- Felles forståelse av nåsituasjon for digitalisering i prosessindustrien, både fra et globalt perspektiv og i de norske prosessindustribedriftene (inkludert fokus på å dra frem beviste, positive suksess historier som kan deles og læres fra)
- Kartlegging av relevante fagmiljøer som kan bidra til digitalisering av norsk prosessindustri.
- Sammenstilling av nå-situasjon, framtidsplaner og utfordringer vedrørende innføring av digitalisering for et representativt utvalg av prosessindustribedriftene i Norge, så vel som en forståelse om det er nok til å møte de ambisjonene Norge har
- Beskrivelse av et høyt men pragmatisk ambisjons-nivå for digital endring i norsk prosessindustri (jobber, klimautslipp, globale konkurranseposisjon, profitabilitet, sikkerhet og helse)
- Evaluere risikoen forbundet med økt digitalisering i prosessindustrien.
- Evaluere og beskrive behov for digitalisering i prosessindustrien: fra landet generelt (kompetanse, institusjoner og institutter, regulering) og fra industri (prosess forskning, produkt utvikling, industrigrupper)
- Utarbeide klare anbefalinger knyttet til digitalisering av prosessindustrien i Norge

Ekspertgruppen skal gi klare anbefalinger som forespurt i mandatet med digitalisering som utgangspunkt ved å:

- Oppdatere og styrke kunnskapsgrunnlaget fra første fase av Prosess21
- Bidra med kunnskapsgrunnlag, innspill og råd ifb. oppfølging av [Grønt industriløft](#), [klimapartnerskapet](#) med prosessindustrien og andre relevante prosesser.
- Prosess21 skal jobbe med, og løfte frem, strategisk sentrale tema som sirkulærøkonomi og digitalisering. Ekspertgruppen bør derfor vurdere nasjonale rammevilkår og virkemidler innen digitalisering og vurdere attraktiviteten Norge har som vertskapsland, opp mot vilkårene i andre regioner, med økt fokus på EU.
- Prosess21 skal bidra til gode prioriteringer fra myndighetenes side, innenfor et begrenset handlingsrom i statsbudsjettene framover. Eventuelle forslag må være utredet, herunder fordeler og ulemper for berørte aktører og konsekvenser knyttet til kraft- og arealbruk.

Leveranser fra ekspertgruppen

Hovedoppgaven for Prosess21 er å gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050, og samtidig legge til rette for bærekraftig omstilling, vekst og verdiskaping.

Leveransene fra ekspertgruppen innen digitalisering skal gi strategiske råd og anbefalinger innenfor eget ansvarsområde. Ekspertgruppens leveranser vil inngå som en del av beslutningsunderlaget til Prosess21 og de strategiske råd og anbefalinger som skal gis.

Leveransene består av:

1. Studie/rapport som beskriver potensialet for økt verdiskaping og reduserte utslipp fra prosessindustrien i Norge ved tilrettelagt bruk av digitalisering.
2. Presentasjon i PowerPoint format med strategiske råd og anbefalinger.
3. Eventuell kronikk i media og andre former for kommunikasjon til eksterne interessenter

Ekspertgruppens medlemmer bidrar med kvalitetssikring av rapporten fra studien og presentasjonen i PowerPoint format før fremleggelse for styringsgruppen i Prosess21 og til oppdragsgiver (NFD og KLD). Ekspertgruppen bør også vurdere andre plattformer hvor arbeidet kan presenteres av ekspertgruppens medlemmer.

Arbeidsform, tidsperspektiv og ressursbehov

Ekspertgruppen er ansvarlig for anbefalinger, råd og analyser. Arbeidet utføres i samarbeid mellom ekspertgruppens medlemmer og ekspertgruppens sekretariat. Digipro senteret er valgt til å være ekspertgruppens sekretariat ved senterets leder.

Arbeidet bør organiseres gjennom møter og workshops for å sikre bred forankring i industri og forskningsmiljøer. I arbeidets innledende fase må ekspertgruppen gjøre seg kjent med mandatet (formål, arbeidsform og leveranser), vurdere å invitere ytterligere deltagelse og innspill fra eksperter innen digitalisering. Der bør vurderes behov for innspillsmøte, der ekspertgruppens medlemmer informerer om relevante aktiviteter i egen bedrift og deler annen informasjon som kan være relevant for arbeidet. I dette møtet vil også endelig mandat for arbeidet i ekspertgruppen med tilhørende planer bli besluttet.

Ved avslutning av arbeidet bør det gjennomføres evalueringsmøte, der ekspertene gir tilbakemelding på de foreløpige leveransene fra arbeidet og avslutningsmøte, for godkjenning av sluttrapport og presentasjon.

Digipro står for øvrig fritt til å organisere arbeidet slik de finner det hensiktsmessig.

Det avtales at ekspertgruppen avgir "løypemeldinger" i arbeidet i styringsgruppemøter i Prosess2 utover høsten 2024.

Det vil være ønskelig å få ekspertgruppens arbeid ferdigstilt innen utgangen av 2024. Ekspertgruppen bør selv vurdere hensiktsmessig tidspunkt for å kommunisere innholdet av arbeidet i etterkant av presentasjon til styringsgruppen i Prosess21.

Kommunikasjonsplan

En kommunikasjonsplan for leveransene fra ekspertgruppen vil bli utarbeidet i samarbeid med sekretær for Prosess21.