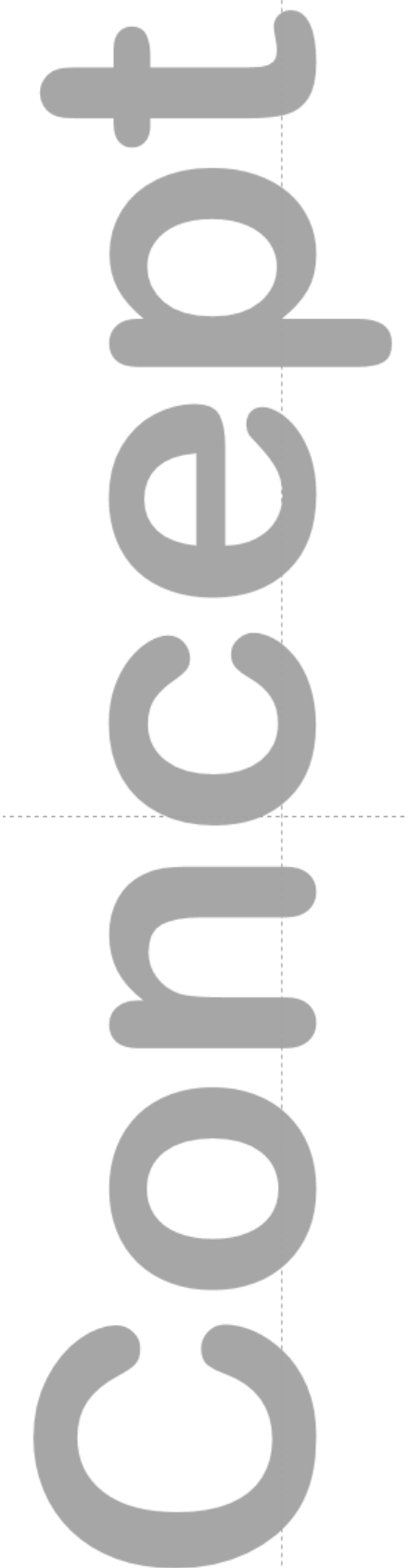




Teknologiutviklingen og potensielle paradigmeskifter

Oppdatering 2019

Pål Unanue-Zahl (red.)

Ina Steen Andersen, Tore
Stensvold og Odd Richard Valmot
(bidragsyttere)

Arbeidsrapport
2019-6



Teknologiutviklingen og potensielle paradigmeskifter

Oppdatering oktober 2019

Forord

I 2018 mottok innholdsbyrået i Teknisk Ukeblad Media et av de mest interessante oppdragene i det lille byråets historie: Å sammenfatte en rapport om teknologi-Norges viten og væren, slik det var oppfattet fra perspektivet til de som følger feltet både vidt og bredt. Ved å intervju journalister i Teknisk Ukeblad og Digi, som kjenner på pulsen i teknologi-Norge, fremstilte vi deres oppfatning av hva som er verdt å merke seg, hvilke trender de mener er de viktigste, hvilke områder det satses på og hvilke som ebber ut.

Ett år senere har vi igjen mottatt et ønske fra Concept-utvalget, denne gangen med en fremstilling av endringene som har skjedd siden i fjor. Ingen sitter med en fasit på hva som vil lykkes og hva som sikkert feiler, men journalister i Teknisk Ukeblad og Digi er blant de første som får vite hva som skjer.

Over ett års tid kan gi dramatiske teknologiske sprinter, men samtidig endres vinnerpådommene for de mange teknologiske “maratonløpene” som pågår samtidig. En av de store maratonene, elektrisk fremdrift med kraft fra batteri eller hydrogen ser nå ut til å være nærmest avgjort. I andre løp som autonom fremdrift siger det fremover sakte, og endringene fra år til år er få.

En altoverskuende trend som forener de aller fleste teknologisatsinger i Norge, er løsningen av klimautfordringene. I langt større grad ser vi at disse utfordringene er enten en motivator for innovasjon, eller et påkrevet kriterium for å anse oppgaven som løst.

Kanskje størst fremgang er det i maritim sektor, der Norge ligger langt fremme på mange av morgendagens løsninger.

1. Energi og miljø

Bidragstere: Ina Steen Andersen (TU), Tore Stensvold (TU) og Odd Richard Valmot (TU)

Fra klimaprat til klimahandling

2018 var et år der mye av sentimentet i teknologi-Norge gikk fra «vi må gjøre noe med dette» til «slik gjør vi noe med dette». Dette skjer ikke sprangvis, men vi ser en økende aktivitet av konkrete eksempler kan bidra positivt til å løse klimautfordringen. Det er knapt et innovasjonsprosjekt i Norge som ikke direkte eller indirekte søker å være en bidragsyter til løsningen på klimautfordringen.

Fra 2018 vil vi fremheve tre teknologiprojekter som på hvert sitt vis bidrar til å redusere klimaavtrykket i Norge, og har potensiale til å vokse utenlands.

1 Stor besparelse med enkelt grep

Karbondioksid er den mest kjente av klimagassene, men det er andre med langt større potensiell skadevirkning.

Svovelheksafluoridgass, SF₆ er en slik gass. Det er en uorganisk, fargeløs, luktfri, ikke-brennbar, ikke-giftig, men ekstremt kraftig klimagass, og en utmerket elektrisk isolator. Én kilo SF₆ tilsvarer 23.000 kilo CO₂ i klimaeffekt. SF₆-gassen brukes blant annet i kontakter for elektriske høyspenningsanlegg. Klimasikker utfasing av kontaktene kan gi konkrete besparelser i klimagassutslipp.



Et koblingsanlegg uten SF₆-gass, liknende utstyr skal monteres i transformatorstasjonen på Koengen i Bergen. Foto: Siemens

Det norske firmaet Stena Recycling har med smarte og enkle løsninger laget et system som utvinner SF₆-gassen fra kontaktene, som hver enkelt inneholder en CO₂-ekvivalent på omtrent 60.000 kilo CO₂. Det norske utslippet av SF₆ lå i 2017 på 533 kilo, tilsvarende 11.726 tonn CO₂. Med den nye teknikken kan Stena Recycling ta ut nærmere 100% innhenting av gassen i kontaktene.¹

2 Utskifting til havs

34 prosjekter som er kartlagt av foreningen Kystrederiene, kan bidra til et CO₂-kutt på 3 prosent av norske forpliktelser på kort tid. I dag er snittalderen på den norske kystflåten 27 år. En stor andel av skipene er modne for utskifting eller oppgradering. I Kystrederiets prosjekt er det lagt opp til 23 nybygg og 11 ombygginger eller moderniseringer.

Ombygging til hybriddrift, lading av batteripakker fra landstrøm og smartere bruk av løsninger som elektriske gravemaskiner på selvlossere fremfor dieseldrevne maskiner står for mesteparten av moderniseringen.²

Omleggingen til mer klimavennlig drift av skip skjer på mange måter, og norske bedrifter har et forsprang i denne sektoren. Dette utdypes mer i kapitlet om norsk maritim sektor nedenfor, men i korte trekk består det av overgang til elektrisk drift på korte distanser, nye drivstoffalternativer, utvikling av hybride driftsløsninger i skip og eksperimentering med hydrogendrift til havs.

Flere av prosjektene gjelder bruk av ny teknologi innen sektoren, og finansieres delvis gjennom finansielle tilskudd. For å øke utskiftingen av den norske kystflåten eldre skip, har blant annet Enova bidratt med tilskudd, og et forslag om «grønt tilskudd» ved kondemnering av eldre skip foreligger.

3 Elektrifisering av flyflåten

For bare ett år siden var kommersiell luftfart med elektriske fly nærmest et kuriøst tankeeksperiment. Utover 2019 har visjonen om elektriske fly blitt mer konkret og løsningsorientert. I Hamburg arrangeres en egen konferanse i oktober, «More Electric Aircraft Europe», hvor konkrete løsninger til elektrifiseringsutfordringen diskuteres, fabrikanter stiller ut og kjøpere kan se utviklingen på nært hold.

Nordmenn flyr mye, med litt over tre innenriks flyreiser årlig per innbygger, langt mer enn Sverige på annenplass i Europa med 0,8 reiser. I absolutte tall, ligger lille Norge på 4. plass i antall flypassasjerer transportert årlig, bak langt mer folkerike land som Spania, Frankrike og Tyskland ifølge Eurostat. Den hyppige bruken av fly kan forklares av den spredte bosetningen i landet.

Men nettopp dette gjør at vi har et stort kortbanenett med mindre flyplasser, som egner seg godt for den aller første generasjonen av elektriske fly³.

Innen elektrisk fremdrift i luftfarten, kan noen nyheter fra det foregående året trekkes frem som interessante:

- I Trondheim utvikles hybridfly-teknologi⁴, og verdens største bestilling av små elfly til opplæring er allerede utført av et norsk selskap, siden forrige rapport ble levert.⁵ Hybrid

Land	2017	2018
Spania	36 161 816	79 944 484
Frankrike	30 556 368	31 580 260
Tyskland	23 995 949	23 788 036
Norge	16 180 313	16 425 801
Sverige	7 971 371	7 706 047
Portugal	4 821 555	5 091 646
Finland	2 829 271	3 086 488
Danmark	1 955 930	1 951 008
Romania	1 413 846	1 442 504
Sveits	733 800	722 225

Figur 1 Antall passasjerer årlig etter målet «Passengers on board. All passengers on board of the aircraft upon landing at the reporting airport or at taking off from the reporting airport.». Kilde: Eurostat



løsning med en reservemotor med konvensjonelt drivstoff øker sikkerheten betraktelig. Dersom batteriet er iferd med å utladet koples motoren inn og produserer strøm tilstrekkelig til å ta flyet frem til bestemmelsesstedet.

- 2019 var året da vi opplevde den første elflyulykken, der Avinors elfly måtte foreta en kontrollert nødlanding. Dette var et lite fly for to passasjerer, og ingen ble skadet.⁶
- Den første dronen med muligheter til frakt av passasjerer ble levert og stilt ut i Norge. Modellen Ehang 216 er en prototyp og første av sitt slag i Europa. Den skal kunne frakte to personer, eventuelt 220 kilo, og har en flytid på 35-40 minutter i 130 km/t avhengig av værforhold.⁷

HIT

Sakte utvikling innen karbonfangst

Oljenasjonen Norge har stor produksjon av naturgass, som eventuelt kan brukes til å produsere hydrogen, og er dermed en kandidat til å eksperimentere med karbonfangst. I forrige rapport ble det skissert ut flere forskjellige områder og metoder for CO₂-fangst. Det har vært litt fremgang på dette feltet i 2019.

I Oslo har et pilotanlegg for CO₂-fangst i forbrenningsanlegg startet opp på Klemetsrud⁸, hvor CO₂-fangst testes ut i liten skala før det eventuelt settes i drift på hele anlegget. I 2019 ble pilotanlegget fullt operativt og behandler over 900 kg røykgass i døgnet for å teste ut effektiviteten i anlegget.



Jannicke Gerner Bjerkås, CCS-direktør i Fortum Oslo Varme foran en CCS-prototyp. Foto: Ina Steen Andersen

Industrien selv avventer myndighetenes beslutning på støtte og videreføring av prosjekter innen CO₂-fangst og -lagring, investeringsavgjørelser som kan drøye helt inn til 2021 for endelig avklaring.⁹ Det er ventet at investeringsrammen lander på et sted mellom 15 og 20 milliarder kroner for de to aktuelle CCS-prosjektene: Fortums prosjekt på Klemetsrud og Norcems anlegg på Brevik.¹⁰

Et stadig mer variert og distribuert energibilde

I 2018 var installasjonen av AMS-målere i praksis gjennomført i Norge, med 97 prosent dekning og 100 prosent dekning ventet i året som kommer¹¹. Den viktigste årsaken til mangel på installasjon av AMS-målere, var fraværet til eieren av bopelen da den skulle installeres. Denne grunnen utgjør nesten alle av de 3 prosent gjenstående AMS-installasjonene.

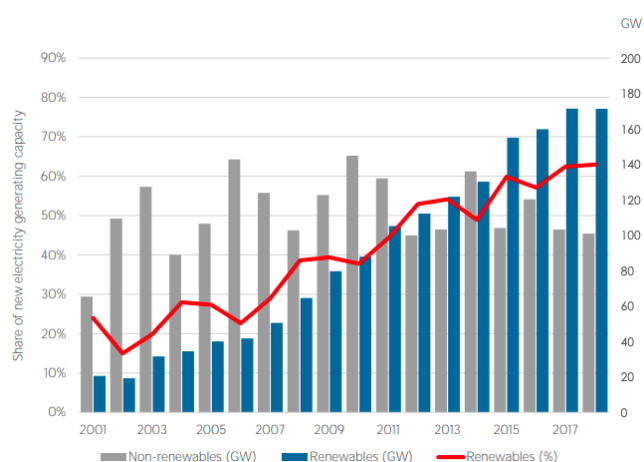
Med kritisk masse oppnådd i dekningen av AMS-målere, starter arbeidet med å utnytte dataene som disse genererer. AMS-målerne gir raskere og mer finkornet informasjon om

elektrisitetsforbruket i det norske strømmettet, og åpner for distribuert energiproduksjon i form av lokale energianlegg. Elhub, den sentrale databasen for innhenting av målerdata, ble operativ i februar 2019 og digitaliseringen av det norske strømmettet skyter fart.

Mange av konsekvensene etter omleggingen til AMS-målere ble skissert ut i forrige rapport. I all hovedsak er det muligheten til sentralisert rapportering i nær sanntid og administrasjon av strømmettet AMS bringer med seg. For forbrukerne er det én trend som skiller seg ut: Muligheten for å la en strømobonnent kunne bli en plusskunde, altså en kunde som bidrar mer til elektrisitetsnettverket enn de bruker, er en nøkkelfunksjon i AMS-utrollingen og kanskje den som har mest påvirkning for rask utbygging av nye kilder som solenergi.¹²

Solcellenes seiersår 2018

Globalt skjer skiftet til mer klimavennlig energi raskere og raskere. Ifølge International Renewable Energy Agency har fornybar energi pasert 1/3 av all global kraftkapasitet. Økningen i fornybar kraft i de globale strømmett er på 7,9 prosent målt i 2018, i all hovedsak fra sol- og vindkraft. Som grafen til høyre viser, er veksten i installering av fornybar energi kraftig og har doblet seg de siste ti årene.¹³



Dette bringer en positiv trend med akselererende fall i kostnader for utstyr, kombinert med noe økning i ytelse på alternative energikilder som solceller¹⁴. Solceller og norske klimaforhold har vært gjenstand for skepsis, men anslag fra Multiconsult tilsier en kapasitet på to og fem TWt i Norge i 2030.

2018 var et vendepunkt for solceller i Norge, med innovasjon i utvikling av solcellepaneler, flere store installasjoner underveis nasjonalt, innovasjon i flere ledd av energiproduksjonen og større aksept for solceller som en naturlig del av energimiksen i Norge.

Innoverer i produksjonen: Norske REC Solar har utviklet en prosess for resirkulering av silisium til solceller, beskrevet som den første prosessen av sitt slag i verden. Det gir gode muligheter til å gjenvinne noe eller alt av de 160.000 tonn avfall fra verdens silisiumproduksjon. Metoden går ut på resirkulering av kerf, eller silisiumspon på norsk, fra avfall i taiwanesiske fabrikker til anvendbart silisium for solcelleproduksjon.¹⁵

Selger til forbruker: Solceller selges over disk i Norge og Skandinavia,¹⁶ inkluderes som naturlige deler av nybygg og ettermonteres på eksisterende bygg landet over. Det er også verdt å merke at den folkelige skepsisen til solceller er på hell, i takt med installasjoner på private hus.

Åpner nye massive anlegg: Et spesielt interessant bygg som åpnet dørene i 2018 er plusshuset Powerhouse Bratterøkaia, der alle tenkelige hensyn til energieffektivitet er tatt under byggingen. Huset har mange interessante energiløsninger, hvor det aller mest interessante er det enorme solcelleanlegget på et tak som er optimalisert for solfangst. Med over 1000 m² solceller på taket, er det beregnet at huset skal generere 500.000 kWh i året, og bli en bidragsyter til strømnettet etter eget forbruk.¹⁷



Kerf, eller sagspon fra wafer-produksjonen, blir det nye råstoffet som REC Solar skal lage superrent silisium av. Foto: Erik Martiniussen

I forrige rapport ble det norske selskapet Otovo omtalt, grunnet deres innovative løsning for enkelt salg av solceller.

Gjennom 2018 har Otovo og andre tilretteleggere av solkraft økt omfanget av sine operasjoner, og gjenspeiler en sterk økning i installert solcellekraft fra 2017 til 2018.

I prosent utgjør denne økningen i installert solkraft for norske elanlegg 29% fra 2017 til 2019, og de seneste års vekstkurve er nær eksponentiell.¹⁸ I tillegg brer solcelleutbyggingen seg fra Oslofjord-området til andre landsdeler. Otovo, som sitter på sentrale bestillingsdata i lys av å være en portal for anskaffelse av solenergi, ser en sterkt økende trend med utbygging av solceller på Vestlandet og en spredning fra Oslofjord-området til andre deler på Østlandet.



Fra produksjon av solceller hos REC Solar. Foto: Tore Stensvold

Storm i vindkraftmiljøet

Samtidig som solceller har et jubelår, har vindkraften møtt motstand i form av protester mot installasjoner på land. Kommunene blinket ut som potensielle vindkraftkommuner er negative og så langt har (september 2019) har kun fem av 101 kommuner sagt ja til vindkraft.¹⁹

Diskusjonen om vindkraft tok for alvor av etter offentliggjøringen av NVEs rapport om egnede områder for vindkraftutbygging i april 2019²⁰, og striden om vindkraftutbygging på Frøya skapte protester man ikke har sett siden Alta-utbyggingen.²¹

Vindkraften bringer kontraster mellom ønsket om ren energi og bevaring av natur. Som en av journalistene påpeker, «Dette er et stort problem og enkelte norske partier står skikkelig i spagaten i dette spørsmålet».

Ikke uventet er dette spørsmålet spesielt aktuelt i de partiene som er mest opptatt av en grønn profil, der salg av ren energi til utlandet må veies opp med ønsket om bevaring av uberørt areal i Norge.²²



Foto: Colourbox

Kontroversen rundt vindkraft i Norge kan legge en demper på investeringsviljen rundt store vindkraftanlegg. Investorer som KLP har signalisert at de ønsker stabilitet rundt spørsmålet om vindkraft, spesielt i en tid der de ønsker å gå vekk fra investeringer i klimafiendtlige energikilder. KLP snakker ut fra egen situasjon, de er eier 10% av aksjene i Trønderenergi som står bak utbyggingen av vindkraft på Frøya.²³

I kjølvannet av vindkraftkontroversen kommer spørsmålet om vindkraft på fastland har livets rett i Norge. I Europa foregår utbyggingen av vindkraft til havs i raskt tempo, men Norge har fulgt samme tempo.²⁴

Moderne vindkraft har så langt hatt tre klare steg i utviklingen: Vindturbiner på land, havbunnfaste vindturbiner men den neste uutnyttede området er flytende vindturbiner til havs. Debatten i Norge står mellom en gruppe som ønsker å ta store investeringskostnader for å bygge



En tenkt framstilling av hvordan Hywind Tampen vil se ut. Her med Gullfaksfeltet i bakgrunnen. Illustrasjonsfoto: Equinor

internasjonal kompetanse på én side og en gruppe som ønsker å satse mer på allerede utprøvd teknologi på den andre siden.²⁵

Flere faktorer kom mer inn i spørsmålet om hvorfor Norge med sin tilgang til store havareal, erfaring med offshore-industri og historikk med rene energikilder ikke har klart å følge med på energikappløpet til havs.

En viktig årsak er forskjellen i havdybder der europeiske aktører setter sine havvindturbiner, som er vesentlig grunnere enn tilsvarende områder i Norge. Til sammen er det forpliktet en utbygging av vindkraft til havs på 65 gWt frem til 2030. I denne forpliktelsen stiller Norge med null gWt bidrag.

Samtidig er flere norske prøveprosjekter i støpeskjeen, som Hywind Tampen, en flytende havvindpar på 88 MW fra Equinor. Det er bred enighet i bransjen som tilsier at dette kan bli et nytt industrieventyr, mye på grunn av de utfordringene som må løses med flytende vindturbiner. De seneste anslagene fra Menon Economics på vegne av Norwegian Offshore Wind Cluster, Norsk Industri og Rederiforbundet anslår at flytende havvind i Norge kan utgjøre 20% av verdensmarkedet, tilsvarende en verdiskapning på 117 milliarder kroner over 30 år.²⁶

Store endringer i norsk kjernekraftkompetanse

Norge var den sjettede nasjonen som laget en egen atomreaktor i større skala, etter USA, Russland, Storbritannia, Canada og Frankrike. Med atomreaktorer i drift i Norge siden 1951, kan det nå gå mot slutten for norsk deltakelse på forskning som trenger aktive atomreaktorer. Halden-reaktoren er besluttet nedstengt i 2018, og det går mot nedstenging av Kjeller-reaktoren også etter oppdagelse av kostbare skader som må utbedres.²⁷

For Institutt for Energiteknikk er nedleggelsene dramatiske, og instituttet har signalisert nedbemanninger etter avgjørelsene om å avslutte driften av reaktorene. Foruten å bygge kompetanse på reaktorsikkerhet og drift, har reaktorene vært mye brukt i internasjonal forskning og nukleærmedisin.

Gjennom 2019 ble det også avdekket flere uregelmessigheter rundt lagring av atomavfall ved installasjonen på Kjeller²⁸, store kostnadsoverskridelser²⁹ og en granskning har blitt iverksatt i kjølvannet av dekommisjoneringen av Haldenreaktoren³⁰.



På toppen av Kjeller-reaktoren. Foto: Eirik Helland Urke

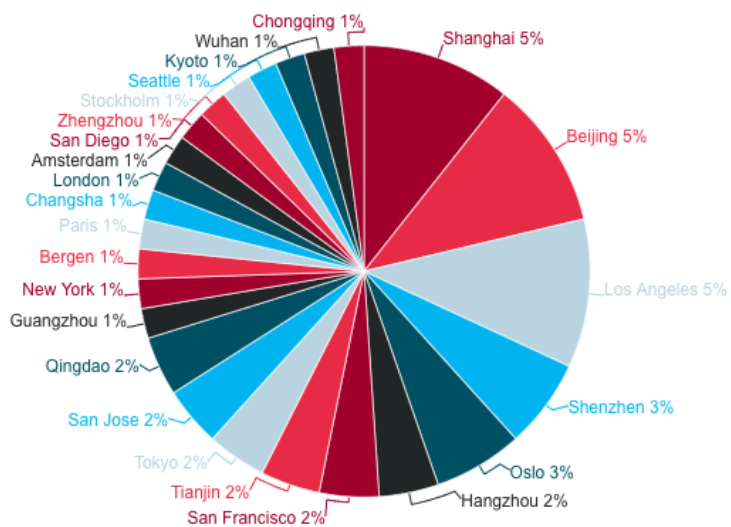
Transport på land og vann

Bidragstere: Tore Stensvold (TU) og Marius Valle (TU)

Elbilnasjonen uten innovasjon

I 2019 har Norge tatt en unik posisjon i verden: Sommeren 2019 var 48% av alle biler solgt en batteridrevet elbil og andelen er ventet å stige i løpet av året.

Dette befester Norges posisjon som det ledende landet for salg av batterielektriske biler. Denne posisjonen er bygget på de store avgiftsfordelene gitt til de batterielektriske bilene i et land med generelt høye bilavgifter.



Andel av totalen ladbare biler i byene, globalt. Kilde: ICCT

Til sammen har Oslo og Bergen rundt 4% av verdens ladbare biler ifølge International Council on Clean Transportation (ICCT)³¹.

Begynnelsen av bilåret 2019 var tungt preget av Tesla Model 3-leveransene til Norge, som førte til rekord for registrering av en enkelt bilmodell i norske bilregistre. Over 10.000 Tesla Model 3 er registrert på nye skilte i 2019, langt mer enn forrige rekordholder har klart.

Leveransen av Model 3 er så stor, at siden de aller fleste leverte varianter er den med lengst rekkevidde og firehjulsdrift, har denne modellen alene trukket opp det totale antallet firehjulsdrivne biler til nye rekorder i Norge. Økningen i dette segmentet er over 50 prosent.



Et stadig vanligere syn: Audi e-tron og Jaguar iPace på norske veier. Foto: Marius Valle

Innovasjon i landbasert elektrisk drift har ikke vært stor i Norge, til tross for vår historie med deltagelse i produksjon av batterielektriske biler som Think. Det seneste året ser ikke ut til å ha

ført med seg nye store prosjekter i elbilteknologi, stort sett all innovasjon foretas av utenlandske selskaper.

Et unntak er den elektriske brannbilen Concept Fire Truck fra Rosenbauer som ble vist frem i Oslo vinteren 2019. Brannbilen har hybriddrift, men med en stor batteripakke som sørger for meningsfull elektrisk rekkevidde og drift av utstyr i fire timer før dieselmotoren slår inn. De strenge kravene til sikker drift av kjøretøyet, selv under de mest utfordrende arbeidsvilkår gjør prosjektet krevende og svært interessant.³²



Foto: Eirik Helland Urke

Spesielt interessant er de ulike mulighetene som hybriddriften gir til å tenke nytt rundt brannbilen som konsept. Den har andre muligheter for frakt av personale og i en bransje hvor sekunder teller, har den lettere på- og avstigning takket være mangelen på en stor motor under førerhuset. Driften av hvert hjul som en elektrisk motor gir økt manøvreringsmulighet, og smalere profil gir økt fremkommelighet i trange bygater. Turen til Oslo var delvis for fremvisning av kjøretøyet og delvis for testing under vinterforhold.

Rolige fremskritt i autonome biler

Det er gjort store fremskritt på denne fronten i dette tiåret, men i tidsrommet som går tilbake et par år er det lite fremgang å finne. I en oversiktsartikkel i TU juni 2019³³, beskrives det generelle nivået av autonomi i bilparken som nivå to av fem (For oversikt over disse nivåene, se 2018-rapporten).

Autonom drift av landkjøretøy har vært et brennhett tema de seneste årene, mye drevet av store løfter fra aktører i bilindustrien. Disse løftene har ennå til gode å bli innfridd, og mange aktører i bransjen kommenterer nå at problemet med autonom drift til lands nok er vanskeligere å løse enn tidligere antatt.³⁴



Renault Zoe med eksperimentell utrustning for førerløs styring av bilen. Foto: Groupe Renault

Enkelte bilmerker som Tesla og Nissan leverer biler med evne til å delvis kjøre seg selv på godt markerte større veier, men krever fremdeles at føreren er årvåken og må ta over kontrollen på et par sekunders varsel. Disse bilene er velutstyrt med sensorer som kameraer, radar og ultralyddetektor, samt svært kraftige datamaskiner spesialbygget for å håndtere autonomi.

Selvkjørende buss i drift: I Oslo har den første eksperimentelle autonome busslinjen startet opp på Vippetangen. Den består av en liten buss med plass til seks passasjerer, trafikkerer en godt planlagt strekning og har en «bussvert» som følger med og griper inn dersom det er behov for menneskelig kontroll av bussen. Selvkjøringsnivået tilsvarer et litt avansert nivå to.³⁵

Som skissert i 2018-rapporten, har Norges teknologimiljø bidratt lite til forskning og utvikling av autonomi til lands. Utviklingen globalt ser ut til å ha stagnert det seneste året.

Et lite tilskudd til autonomi i praksis, er spylebil-dronen som ble vist frem hos norske Applied Autonomy sommeren 2019.³⁶ Den skal kunne rengjøre gater om natten, helt selvdrevet og viser frem en kreativ anvendelse av autonom drift på et område med lavere krav til sikkerhet for mennesker enn en autonom buss.

Marin teknologiutvikling står sterkt i Norge

I maritim sektor, er omfanget av norske teknologibidrag globalt lang mer omfattende enn på land.

Sjøfart er en betydelig global utslippskilde for lokal forurensning, og en bidragsyter til klimaendring. Problemene som må løses for bruk av alternative drivstoffkilder er helt annerledes i maritim sektor, enn tilsvarende problemer på land: Norske fjorder fungerer som et laboratorium for hvordan man skal for eksempel løse utfordringen med store strekninger til havs uten muligheter for fylling av drivstoff.

Den norske regjeringen har lagt en plan for endring av sjøfarten til en mer miljøvennlig kurs, presentert i 2019.³⁷ Denne planen skal gå frem mot 2020 og omhandler også den noe vanskeligere oppgaven med elektrifiseringen av fiske og stor kystfart.

Norge ligger i teten for utvikling av klimavennlig fremdrift til havs, og staten virker som en pådriver på flere områder.



Kaptein Jan Magne Sollid på brua på Color hybrid. (Foto: Eirik Helland Urke)

Dette er skissert ut i forrige rapport, og det siste året har det kommet flere tegn på at Norge ligger an til å bli verdensledende på fremdriftsendringen.

Et stort steg for reduksjon av utslipp er skipene med hybriddrift, som nylig sjøsatte Color Hybrid, med sin over 60 tonn tunge batteripakke som gir nok energi til 30 minutters elektrisk drift ved

utseiling og 30 minutter ved innseiling. Batteripakken lades på en time mens skipet ligger til kai.³⁸

Mye av forbedringen i fremdrift kommer av bred satsing på elektrifisering av korte distanser som ferger og båter i nær kystfart. Denne fremgangen er drevet blant annet av Statens Vegvesen som har stilt ulike krav til de forskjellige fergedistansene som lyses ut³⁹. Kravene har vært drivere til utvikling av alternative drivstoffkilder, og autonomi som vist i neste kapittel. Spesielt blir en kontrakt for ferge drevet halvt fra hydrogen med brenselcelle pekt ut som en viktig pådriver for utviklingen av større hydrogenprosjekter til havs i Norge.

Fruktene av dette arbeidet vises også utenlands, der mye norsk teknologi ligger til grunn for prestisjeprosjektet med elektrifisering av turistfergene i Niagara Falls, i USA.⁴⁰

2019 var preget av skarpt fokus på turistsektorens bidrag til forurensning i Norge. Ord som “flyskam” ble brukt om unødvendig reisevirksomhet, men mest vekt ble lagt på cruiseskipenes fart i norsk farvann.

Kravene til skip som ferdes i norske farvann blir strengere, i første omgang for å redusere lokal forurensning. Den første boten har blitt utdelt til et cruiseskip som ikke overholdt forurensningsloven som trådte i kraft 1. mars 2019.⁴¹



Eksosen fra LNG-motorene om bord på Stavangerfjord og Bergensfjord er fri for svovel og sot og dermed ikke synlig. CO2-utslippene er ca. 25% lavere enn fra dieselmotorer og NOx-utslipp redusert med ca. 85%. Foto: Tore Stensvold

Den tradisjonsrike Hurtigruten har en aggressiv tidsplan for å innføre mer miljøvennlige skip som kan takle de harde forholdene og strekningene langs Norges kyst og internasjonale farvann. Det skjer delvis gjennom nyanskaffelse og delvis ved ombygging av eksisterende flåte til diesel- og tungoljealternativer som biogass, LNG (Flytende naturgass) og hydrogen.⁴² Seks skip fra Hurtigruten er under ombygging fra diesel til gass.⁴³

Hurtigrutens konkurrent Havila Kystruten har også vært tidlig ute med lignende planer, som er kanskje enda mer fremadstormende. Havila Kystruten anvender store batteri og brenselceller i kraftmiksen. Hurtigrutens overgang kan sies å være et svar på Havila Kystrutens utspill, med ytterligere bruk av ny teknologi som flytende biogass (LBG) til havs.

De beste alternativene til marin diesel og tungolje er LBG og LNG fremfor hydrogen, som foreløpig fremstilles fra naturgass i Norge, fremfor fra fornybare kilder. Nye energikilder skal redusere Hurtigrutens karbonavtrykk med minst 25 prosent mener selskapet. Hydrogen

avskrives ikke av noen aktører i bransjen, men holdes litt i bakgrunnen sammenliknet med de andre energibærerne.

Kombinert med overgangen fra diesel til gass, skal flere av skipene utrustes med landstrøm og Havila Kystruten skal i tillegg ha mulighet til batteridrift i strekninger som tilsvarer inn- og utseilingen til Geirangerfjorden.

Som en konsekvens av den antatte økningen i etterspørsel for LNG og LBG, bygges nå flere skip om fra tankfrakt til gassfrakt. Skipet «Oslo Tanker» skal skifte navn til «Bergen LNG» og bli det første bunkringsfartøyet i Norge med hjemmehavn i Bergen. Det kommer godt med, for verdens første LNG-drevne cruiseskip, AIDAnova skal besøke norske havner, og i følge DNV GL ligger det globalt inne bestillinger eller bygg på 31 LNG-drevne cruiseskip per juni 2019.

Norge tar teten i maritim autonomi

2018-rapporten inkluderte omfattende historisk bakgrunn for Norges bidrag til maritim autonomi. Denne utviklingen har siden bare akselerert. Norske prosjekter har vekket internasjonal oppmerksomhet, og har en global ledelse innen feltet.

Tempoet i utviklingen av maritim autonomi øker, og flere pilotteknologier har sett dagens lys i Norge:

- Autonom dokking og utseiling for ferger: Norleds ferge Folgefonn anvender et system fra Wärtsilä. Kapteinen på fergen kan iverksette en seilas fra fergeanløp til fergeanløp med et enkelt tastetrykk.

Fergen kontrollerer avgangen fra startposisjonen, navigering til destinasjon og dokking. Systemet er ikke helautonomt.



Foto: Wärtsilä

Systemet kan foreløpig ikke reagere på uforutsette hendelser under seilasen og krever menneskelig innblanding ved selv enkle situasjoner under seilasen, som kryssende trafikk. Folgefonn regnes som det første forsøket på en fullautomatisert kai-til-kai-operasjon.

Slike løsninger faller inn under kategorien *autodocking*⁴⁴

- Helautonom seilas for Finferries: Rolls Royce Maritime har i samarbeid med Finferries tatt steget videre og demonstrert en helautomatisk seilas, med innlagte hindringer som fartøyet må håndtere. Rolls Royce Maritime, som har blitt kjøpt opp av Kongsberg, demonstrerte en seilas mellom veipunkter i den finske skjærgården. Under turen dukket ulike situasjoner opp, som systemet måtte håndtere på egen hånd uten menneskelig

innblanding. Løsningen ligger et solid hestehode foran Wärtsilä.

Slike løsninger faller inn under kategorien *autocrossing*.⁴⁵

- Fjernstyrt ferge fra ABB: Også i Finland ble en fjernstyrt ferge med løsninger utviklet av ABB demonstrert i Helsingfors. Denne fergens tur demonstrerte mulighetene som sikre fjernkontrollsystemer kan bringe med seg, for eksempel som et mellomsteg mellom autonom dokking og helautonom seilas.⁴⁶

Felles for alle disse tre eksemplene, er deres tunge innslag av teknologi med norsk bakgrunn. Mye har skjedd det seneste året, hovedsakelig i steget fra prototyping og konseptutvikling til faktiske demonstrasjoner av teknologien under realistiske scenarioer. Den raske utviklingen innen feltet skyldes ikke nødvendigvis Norges historie som sjøfartsnasjon, men heller korte linjer mellom de ulike aktørene som står bak utviklingen av teknologien.⁴⁷

Det Norges teknologimiljø ikke bidrar i nevneverdig grad innen autonom ferdsel, på land, har vi tatt igjen og vel så det på vannet. De tekniske løsningene som utvikles av norskeide selskaper står nærmest i kø for global lansering. Eksempler på slike selskaper er:

- aFerry med sine små, autonome ferger for ultrakorte distanser. De skal i praksis konkurrere med broer, og bygger på kunnskapen fra arbeidet med fergen Milliampere fra NTNU.⁴⁸
- Yara skal anvende kunnskapen tilegnet seg fra skipet Yara Birkeland ved å opprette et eget selskap for utvikling av maritim autonomi. Selskapet har foreløpig fått navnet Yara Birkeland AS og har som mål å utvikle autonome logistikk-løsninger med nullutslippsteknologi.⁴⁹

Utfordringene for maritim autonomi i Norge kan sies å ligge mer på markedsføringssiden fremfor på teknologisdelen. At Norge har tatt en solid tetposisjon i maritim autonomi er nærmest ukjent i utlandet mener for eksempel adm. dir Harald Solberg i Rederiforbundet: «Det veldig lite kunnskap om autonome skip når du kommer utenfor Norge. Det blir mange spørsmål når vi er ute og forteller hva vi jobber med i Norge.»⁵⁰

Bygg og anlegg

Bidragstyttere: Knut Bjørheim (TU)

Byggsektoren i Norge står midt i to store skifter; den kraftige økningen i digitalisering og skiftet til en grønn hverdag. Disse er løst knyttet til hverandre, men én egenskap har de til felles. Begge er i blitt et obligatorisk element i utviklingen av norske bygg, og begge skiftene øker i sin betydning for hele sektoren.

Byggindustrien står for en betydelig del av de globale klimautslippene, også i Norge. Utslippene kommer fra produksjon av materialer, spesielt fra produksjonen av betong, og byggeprosessen som i all hovedsak er drevet av fossilt drivstoff.

Det siste året har det vært en økende mengde krav om miljøsertifisering stilt til byggebransjen.⁵¹ Kravene kommer fra offentlig regulering, men et interessant fenomen er i ferd med å skille seg ut: I tillegg til de offentlige kravene for miljøsertifisering av bygg, begynner kundene selv å kreve at byggene som føres opp for dem er fremtidsrettede og miljøvennlige. Det har skapt konkurranse blant entreprenører og en kraftig stimulering til å følge standarder som BREEAM Nor og Svanemerking.

Økning i klimatiltak på byggeplassen

I perioden 2018 til 2019 har flere ideer som var på prøvestadiet i byggindustrien kommet et stykke lenger til å bli en del av hverdagen i bransjen. Batteridrift av ulike kraftredskaper som gravemaskiner og lastebiler har tatt steget videre. Anleggsmaskiner står for en snau tredjedel av transportutslipp i Oslo, og elektrifisering kan gjøre store fremskritt for, HMS på byggeplassen nærmiljøet i form av forbedring i luftkvalitet og redusert støy.⁵²

En reduksjon i ikke-kvotepliktige klimagasser ligger bak Regjeringens ønske om å forby bruk av mineralolje til byggvarme på byggeplasser, til fordel for mindre klimafarlige kilder som gass eller bruk av fjernvarme på byggeplassen. I første omgang er det forventet at gass vil ta over som energikilde til oppvarming. Fjernvarme på byggeplassen er en løsning som krever langt mer planlegging og forutsetter at området har slike muligheter.⁵³

Det finnes paralleller mellom den økende elektrifiseringen og kravet om klimavennlig varme på byggeplassene. Begge forutsetter at entreprenører gjør omdisponeringer i byggeprosessen, i tidslinjen for oppføringen av bygget. Ved å legge el og fjernvarme til byggeplassen på et tidlig tidspunkt, kan byggeplassen i veldig stor grad drives klimavennlig i fremtiden.

Sirkulærøkonomien tas i bruk

Bak begrepet sirkulærøkonomi ligger mulighetene som kommer fra helhetlig og langsiktig planlegging med ressurser i byggebransjen.

Fra bygget er en byggeplass til dagen det rives, skal de i økende grad kunne gjenbrukes i form av materialgjennbruk og gjenbruk av hele elementer i bygget som vinduer. Dette fører til reduksjon i restavfall og minimering av ressurser til oppføring av byggene.⁵⁴



Et tidlig eksempel på dette er firmaet Resirgel i Oslo som spesialiserte seg på gjenbruk av byggematerialer fra

entreprenører. De innhenter byggelementer som hele vinduer og selger de på brukmarkedet til redusert pris. Lokalisering og innsamling av materialer foregår noe tilfeldig, mye på grunn av manglende muligheter til å planlegge gjenbruk i bygg fra tidlig av.⁵⁵

Slike aluminiumskledte fasadeelementer skal monteres på ett av næringsbyggene i Økern Portal. (Foto: Hydro)

Selv om det er tidlige dager for Resirgel, har de tilkjennegjort noen grunnleggende hinder som må overkommes, hovedsakelig innenfor dokumentasjon av materialer. Denne er ofte manglende ved innlevering av gjenbruksvarene, og det finnes få muligheter til å skaffe dokumentasjon på nivå med den som finnes for helt nye materialer.

For å skape en sirkulærøkonomi innenfor bygg og anlegg må det legges til rette lenge før byggearbeidene på et hus starter. Enkelte materialer, spesielt metaller, er enkle å resirkulere. Andre krever mer tilpasning for å kunne brukes på nytt, for eksempel treverk.

En stor forutsetning for god sirkulærøkonomi i byggebransjen er nøye dokumentasjon og planlegging av bygget. Digitalisering, bedre byggemodeller og mer samarbeid på tvers av bransjen muliggjør langt mer detaljerte bygg som enklere kan resirkuleres under og etter riving. Ved å ta med hele husets livsløp og tenke resirkulering allerede før spaden settes i jorden kan byggbransjen ta store grep.⁵⁶



Kulturinstitusjonen Salt har sikret seg en dobbel terrassedør hos Resirgel. Olav Sunde og Martin Eid hjelper til med å få glassdøra trygt ut. (Foto: Knut Bjørheim)

På denne fronten ligger land som Finland og Nederland et godt stykke foran Norge. Der er det langt større krav til involvering av sirkulærøkonomi i bygg og anlegg, med for eksempel 40 millioner euro investert i finsk byggbransje, øremerket sirkulærøkonomi. I begge landene er det også sterke lovfestede krav til sirkulærøkonomi i bransjen. Et forslag til en slik strategi ble spilt inn av Abelia, Circular Norwa og NITO for statsbudsjettet 2019, uten at det ble hørt.⁵⁷

Alternative byggmaterialer får større rolle

I norsk byggindustri har produksjonen av resirkulerte materialer startet, og er i markedet. Hydro Aluminium produserer aluminiumprofiler for et nybygg på Økern i Oslo, der fasaden skal kles med resirkulerte plater i aluminium.⁵⁸ For å gjennomføre dette prosjektet har Hydro Aluminium løst flere floker i resirkuleringsprosessen. Hovedsakelig problemet med å få resirkulert aluminium like værbestandig som førstegangsutvunnet aluminium. 75% av materialet i overflaten er resirkulert, prosessene er verifisert av DNV-GL og har et karbonavtrykk på rundt halvparten av aluminium fremstilt direkte fra bauxitt. Sammenliknet med førstegangsutvunnet aluminium fra Kina, forutsatt at denne er laget med kullkraft, er karbonavtrykket rundt en tiendedel.

Alternative materialer i bygg har store fremskritt i lys av den sterke miljø-trenden. Et nytt produkt under utprøving er bambus som erstatning for armeringsjern i betong.⁵⁹ Metoden er utviklet ved det sveitsiske ETH-instituttet, og den vannbestandige bambusen har like egenskaper som stål. I kjølvannet av bambus som et alternativ til armeringsjern, har den nyutviklede prosessen også muliggjort å bruke bambus som et hurtigvoksende alternativ til limtre.



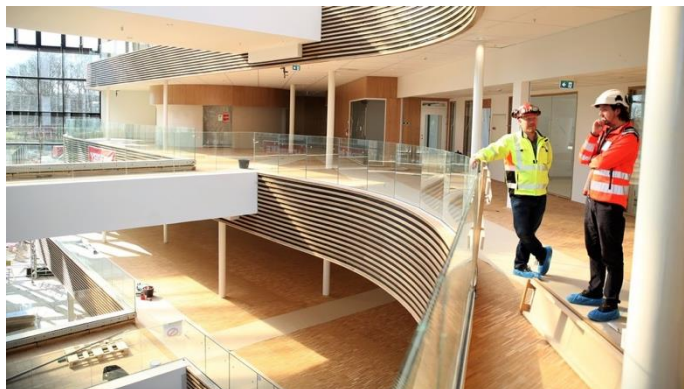
Forskere i Singapore har utviklet en kompositt av bambus som kan erstatte stålarmering i betong. Foto: Tuva Strøm Johannessen

I Norge har massivtre, store trekomponenter produsert som plater av limtre, kommet tungt inn på markedet. Massivtre kan i flere tilfeller erstatte betongelementer, i tillegg til å ha gode estetiske og miljøvennlige egenskaper. Etterspørselen etter massivtre har økt kraftig de seneste par årene, men produksjonskapasiteten har ikke hengt med.

Det har ført til langreist massivtre i Norge, enten ved å prosessere norsk trevirke på utenlandske fabrikker eller ved å kjøpe massivtre produsert av utenlandsk trevirke. Våren 2019 åpnet det norske selskapet Splitkon verdens største fabrikk for produksjon av massivtre⁶⁰, og satte de nye fasilitetene i drift med ordrer til kontorbygget «Skipet» som skal stå ferdig i Bergen i 2020.⁶¹

Fra forklaringsbehov til skryte-tema

I 2018 var det fremdeles et utstrakt behov for å måtte forklare ulike nye begrep i byggebransjen. BREEAM, en standard for menneske- og miljøvennlig utbygging var for de fleste ukjent. Nå har begrepet gått fra å være en del av bransjens stammespråk til å bli en del av markedsføringen mot kjøpere helt ned på konsumentnivå.⁶² Denne utviklingen har gått fort, og det er flere konkurrerende standarder.



For å sikre et rent og bærekraftig arbeidsmiljø må alle som ankommer byggeplassen utenfra, iføre seg overtrekk på skoene. Foto: Knut Bjørheim

Et eksempel er standarden BREEAM, som består av ni nivåer for klassifisering av bygg, og har flere fasetter enn bare miljø. Den inkluderer også menneskelige faktorer som muligheter for sosialisering, enkel tilgang til samferdsel og mer. Dette gjenspeiler en ny måte å tenke på for utbyggere, en dytt / dra-modell. De drar lasset i deres markedsføring ved å bruke miljøstandarder som en skrytefaktor, og blir samtidig dyttet av bestillere til å levere på resultatene.

Fra teori til daglig praksis

I tråd med flere felt omtalt i denne rapporten, har årsskiftet 2018-2019 blitt preget av en økt gjennomføringsvilje også i byggesektoren. Det er ikke minst innenfor teknologiske løsninger tidligere omtalt som teoretiske eller på prototypstadiet, som dukker opp på arkitekters datamaskiner og norske byggeplasser i ulike former.

Et eksempel finnes hos det norske selskapet Imerso som på få år har utviklet et system for skanning av byggeplasser. Gjennom et samarbeid med maskinvareprodusenten Leica, har Imerso laget systemer som skanner byggeplasser og sammenlikner det ferdig oppsatte bygget med de digitale modellene.⁶³ Slik kan flere typer avvik fra den planlagte modellen oppdages raskt og uten stor involvering av personer i prosessen. Et av de første stedene dette systemet ble tatt i bruk var på Campus Ås, der Imerso mener de har avdekket mer enn tusen avvik fra BIM-modellen ved bruk av skanner og deres system.⁶⁴

Det er ventet at slike skannere kan bli så billige at de blir en del av standardutstyret på en norsk byggeplass. I dag er det en kombinasjon av roboter med skannere påmontert som saumfarer byggeplassene og skanner, og stillestående skannere som må manuelt flyttes. Med billige skannere i fremtiden, kan disse settes opp under oppføringen av bygget og holde løpende følge med om byggingen faktisk er i tråd med modellen.⁶⁵

Digitale tvillinger brer om seg i bransjen, og tar inn mer og mer av byggeprosessen i de digitale tvillingmodellene. I utgangspunktet finnes alle fagfelt nå i digital tvilling-konseptet. Dette er også bakgrunnen for en ufortrøden fortsettelse av digitalisering i hele byggbransjen, som omtalt i

2018-rapporten. Fortrinnsvis er denne utviklingen sterkest hos de store aktørene, de små og mellomstore har ennå mye av prosessen i form av papirarbeid.

Dette er en utvikling som bare kommer til å tilta i omfang. Det seneste året har begreper som BIM og digitalisering innenfor byggebransjen blitt svært mye omtalt i TU og til dels i Digi. Enkelte momenter som kan nevnes er:

- Faglærere mener at norske arkitekter og byggingeniører ikke får god nok oppfølging i digitaliseringen under sitt utdannelsesløp. Utviklingen skjer i et halsbrekkende tempo, og utdanningsinstitusjonene henger, hevdes det.⁶⁶
- Det tilbys kurs i etterutdanning for fagarbeidere som må forholde seg til en verden med stadig økt digitalisering og BIM.⁶⁷ Personer med bakgrunn i yrkesfag kan ta et års påbygg og bli BIM-teknikere.
- Der BIM hittil har vært forbeholdt nye prosjekter under oppføring, ønsker nå en gruppe utviklere og studenter ved NTNU å ta BIM til eksisterende byggmasse. I et prosjekt i Trondheim blir en byggmasse fra 60-tallet tatt inn i en BIM-modell for enklere å kunne gjennomføre rehabilitering på byggmassen.⁶⁸
- Fleksibiliteten i BIM gjør det mulig å ta inn ekstra oppgaver i systemet, for eksempel stillasbyggingen. Dette er en oppgave som til nå har vært separat fra byggmassens planlegging, men med en 3D-modell kan selv midlertidige strukturer under byggeperioden tas med i beregningen, gjøres tryggere og bidra til å effektivisere byggingen. Dermed går stillaset, som er en svært viktig del av arbeidsplassen, fra å være en ettertanke til å bli en respektert del av byggeprosessen.⁶⁹
- Tettere integrering av krav, spesielt miljøkrav, har tatt kravspesifikasjonen fra et Word-dokument til å bli en helintegrert del av byggeplanleggingen for en skole i Rana. Slik kan arkitekter og byggingeniører ta tidlig hensyn til miljøaspektet ved byggingen.⁷⁰

Forsvar og beredskap

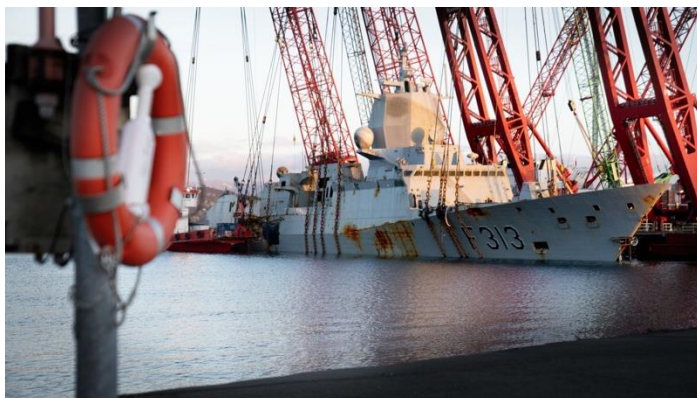
Bidragstere: Per Erlien Dalløkken (TU)

I 2018-rapporten ble det skrevet mye om det norske forsvaret og dets evne til utføre sine oppgaver. En konkret evne til å utføre en oppgave, omtales i forsvarstermer gjerne som 'kapasitet'. De siste par årene har bydd på velkomne tilskudd til forsvaret, og tap av konkrete kapasiteter for eksempel en av våre fem fregatter.

Fregattforliset

Få nyheter var mer dekket i norske medier i førjulstiden 2018 enn fregattforliset KNM Helge Ingstad.

Fregatten var en viktig del av det norske forsvaret, spesielt som kapasitet til å støtte operasjoner i NATO-sammenheng. KNM Helge Ingstad har blant annet bidratt med støtte til transport av kjemiske våpen fra Syria og vært i Adenbukten på anti-piratpatrulje.



KNM Helge Ingstad under transport etter hevingen. Foto: Eirik Helland Urke

Fregattforliset startet natt til 8. November da KNM Helge Ingstad traff tankskipet TS Sola i Heltefjorden.⁷¹ Fregatten skal ha drevet med navigasjonstrening⁷², tankeren var på vei ut fra Sture-terminalen da skipene traff hverandre. Fregatten fikk en stor flenge i siden og satte kursen mot grunt vann for å strande skipet. Ingen ble skadet under hendelsen.

I dagene og ukene som fulgte, utspilte det seg et regelrett drama rundt forsøket på å redde fregatten. Den ble sikret mot fjellet i fjøresteinen, vaierne til sikringene røk⁷³ og etterhvert sank fregatten til det punktet hvor en langt større redningsoperasjon var nødvendig.⁷⁴

Vurderingen av fregattens tilstand etter forliset tilsa at den ikke var mulig å restaurere, og må dermed skrotes.⁷⁵

Den norske marinen har fire fregatter igjen i Nansen-klassen, det er for tiden ingen planer om å erstatte kapasiteten som KNM Helge Ingstad tilbød det norske forsvaret.

Marinens største skip noensinne på plass

Det største skipet i norsk marines historie nå kommet til landet og blitt satt i aktiv tjeneste.⁷⁶ Forsyningsskipet KNM Maud skal være forsvarets bærebjelke innen maritim logistikk og har vært etterlengtet i den daglige driften av fregattvåpenet.

KNM Maud har vært preget av store forsinkelser i leveringen. Etter bestillingen av skipet fra et koreansk verft i 2013, var planen at skipet skulle tas i bruk i 2016. Dermed er skipet rundt tre år forsinket i sin leveranse.



Sjøforsvarets logistikkskip KNM Maud, bygget ved DSME i Sør-Korea 2018, på vei inn til Haakonsværn for første gang i mars 2019. Foto: Tore Stensvold

Størrelsesmessig er skipet langt større enn tidligere forsyningsskip som KNM Valkyrien⁷⁷, og har langt større muligheter for et aktivt forsvar.

Skipet har to hovedoppgaver: Forsyning og kommando. I tillegg til å frakte forsyninger og drivstoff for fregattvåpenet og andre marinefartøy skal skipet ha muligheter til å bære to helikopter av typen NH-90.

F35 når operativ evne

Siden 2018 har F35 rundet flere milepæler i det norske forsvaret. Totalt omfatter den norske bestillingen 52 fly, som overleveres til det norske forsvaret med en planlagt takt på seks fly i året fra 2016 og utover. Så langt i 2019 er 19 av de rundt 400 produserte flyene øremerket det norske forsvaret, og 15 har blitt utplassert på sin base på Ørlandet⁷⁸.

Norge er en av flere bestillere av F35. I løpet av perioden med innføring av flyet har NATO-alliert og medbestiller Tyrkia blitt kastet ut av F35-programmet, uten at det er ventet å ha noen konsekvenser for innføringen og anskaffelsestakten til det norske F35.⁷⁹

Sammen med anskaffelsen av F35 fra Lockheed Martin, har Luftforsvaret bygget ut et større anlegg på Ørlandet, som skal fungere til base og treningsanlegg for F35-programmet.⁸⁰

Inne i treningsanlegget er det nå åtte simulatorer for F35 i drift. Disse åtte simulatorene har en anskaffelseskostnad tilsvarende omtrent ett F35-fly. I disse har det pågått

aktiv trening av norske piloter som skal føre F35 siden en god stund før de første F35-flyene landet på norsk jord.



F-22A Fra US Air Force på Ørland flystasjon i august 2018. Foto: Kapt Helge Hopen / Forsvaret

Norske piloter har også deltatt i øvelser med flyet på amerikansk jord. I øvelsen “Red Flag” utført i Nevada-ørkenen har de trent side om side med amerikanske piloter og utforsket mulighetene til flyet. Resultatene som rapporteres inn fra øvelsen tilsier at kampevnene til flyet har tatt seg opp siden forrige liknende øvelse, der det ble rapportert inn 15 (senere oppjustert til 20) tapte fiendtlige fly for hver hvert tapte F35A som var flyet ført av hjemmestyrkene. Under “Red Flag” 2019 ble den samme ratioen rapportert til 28 fiendtlige fly tapte for hvert vennlige F35A.⁸¹

I kjølvannet av øvelsen har det også blitt kjent at de norske F35-flyene kommer til å nå milepælen IOC, Initial Operation Capability, altså første innsatskapasitet. Under kvalifiseringen for IOC har norske piloter og F35 trent og demonstrert evner i bruk av våpen på flyet, som AIM-120C7 missiler og GBU-31 bomber. Det betyr at flyene er ventet å være en aktiv del av det norske forsvaret i løpet av 2019, når IOC nås i september samme år.

Med stadig forbedret kapasitet for F35 på Ørlandet har de gjenværende F16-flyene blitt flyttet til Bodø våren 2019.⁸²

Suksess for JSM, NSM, NASAMS og Kongsberg

Det norske missilet Joint Strike Missile, JSM fra Kongsberg, har vært en suksess og kommer til stadig flere våpenplattformer verden over.

Samarbeidet med amerikanske leverandører av våpenplattformer som F35 har satt den norske leverandøren i en god posisjon til å utvikle et svært ettertraktet missil i form av JSM.



Fra kvalifiseringstesting av JSM i mars 2018. Foto: FFI

I april 2019 ble det klart at Japan kommer til å kjøpe missilet til sine F35 jagerfly⁸³, en av mange kontrakter som har bidratt til svært gode kår for Kongsberg.

Kongsberg har, i tillegg til å sikre leveranser av JSM, sikret større kontrakter for levering av flere deler til F35-programmet i andre land.⁸⁴

Norsk våpenindustri har lenge vært kjent for sine avanserte våpensystemer. Helt siden Penguin ble integrert på Seahawk-helikopter på midten av 80-tallet, har utviklingen ikke stått stille.⁸⁵ Nå regnes NSM, Naval Strike Missile, som et av de fremste våpensystemene i sin kategori. Det er spesielt de autonome egenskapene, sammenstilt med den avanserte bakkegjenkjenningen som gjør missilet til et av verdens mest avanserte i sin kategori.

NSM, som er Penguins arvtager, har vært gjenstand for flere kontrakter det siste året:

- Missilet vurderes brukt på helikopter av det indiske forsvaret.⁸⁶ Samtidig har India kjøpt et stort antall NASAMS-batterier, anti-luftskyts.
- NSM blir solgt til det amerikanske marinekorpset.⁸⁷ Der skal missilet brukes fra landbaserte, mobile installasjoner. Avtalen som ble kunngjort i mai 2019, kommer et snaut år etter at den amerikanske marinen kunngjorde kjøp av NSM til deres fregatter.
- I Polen, som var Kongsbergs første NSM-kunde, skal et vedlikeholdssenter for NSM bygges. Det skal bygge kompetanse på polsk og norsk side.

Det norske luftvernsystemet NASAMS («Norwegian/National Advanced Surface Air Missile System») er utviklet i samarbeid med amerikanske Raytheon, som også står for mye av systemsalget.

Dette er et av verdens mest avanserte våpensystemer for antiluftskyts og har blitt betraktelig oppgradert de seneste årene, blant annet med nye AIM-120 Amraam-missiler for lengre

rekkevidde og AIM-9X Sidewinder for mål nærmere systemet. Begge oppgraderingene ble fullført i 2019 og testet i Norge.

NASAMS er en av de største suksessene i norsk forsvarsindustri og nye kunder av systemet kommer stadig til:

- Qatar står for Kongsbergs største enkeltkontrakt noensinne, 5,6 milliarder kroner.⁸⁸
- Australia har bestilt systemet fra Kongsberg / Raytheon til en verdi av 1,6 milliarder kroner.⁸⁹

Tidlig i 2019 kunngjorde svenske SAAB et samarbeid med amerikanske Lockheed Martin og tyske Diehl Defence om et missilsamarbeid. Sammen skal de lage et luftvernsystem kalt Falcon, som ble vist frem på Idex-messen i februar. Luftvernets hovedkomponenter er radaren Giraffe 4A fra Saab, missilet Iris-T fra Diehl og kommando- og kontrollsystemet SkyKeeper fra Lockheed Martin.⁹⁰ Denne konstellasjonen av komponenter skal konkurrere mer eller mindre direkte med NASAMS.

Suksess for nano-droner

Det tidligere norske selskapet Prox Dynamics, nå Flir Unmanned Aerial Systems AS, fortsetter utviklingen av nanodroner. De har utviklet og masseproduserer minidroner til militær bruk i Norge.⁹¹ Den nye eieren har investert tungt i å beholde teknologiforspranget som gjorde Prox Dynamics unike.



Black Hornet-drone sendes ut av fallskjermssoldat sør for Kandahar 8. august. Foto: US Army / Maj. Thomas Cieslak

I 2018 ble det kjent at den amerikanske hæren la inn en stor bestilling på minidronene til bruk på infanterinivå, og i 2019 la det franske militæret inn en rekordstor bestilling. Dermed har salget av dronene, som er så små at infanterister og soldater kan bære dem i en liten veske på uniformen, rundet 1,1 milliarder norske kroner på kort tid. I tillegg kan den amerikanske kontrakten bli utvidet med ytterligere 1,3-1,4 milliarder kroner.⁹²

Konturer av cyberkrig på grensen

På begynnelsen av 2019 ble det registrert uregelmessigheter i GPS, nærmere bestemt det amerikanske militære posisjoneringssystemet som har samme navn på folkemunne.⁹³ Uregelmessighetene inntraff nær landegrensen mellom Norge og Russland, og omfanget var så

alvorlig at luftfartsmyndighetene sendte ut en advarsel om å ikke utelukkende anvende GPS til navigering av fartøyene. Forstyrrelsene likner tidligere forstyrrelser som fulgte av russiske øvelser på elektronisk krigføring.

Også under den store NATO-øvelsen Trident Juncture ble det registrert store forstyrrelser i GPS, ikke bare i Norge men hele veien til Finland.⁹⁴

Til forskjell fra tidligere år har vestlige myndigheter nå tatt opp hendelsene på internasjonalt nivå, NATOs generalsekretær Jens Stoltenberg har kalt praksisen med å forstyrre posisjoneringssystemer som «farlig og uansvarlig»⁹⁵ og statsminister Erna Solberg har tatt opp forstyrrelsene med Russlands president Vladimir Putin hvor hun påpekte at en forstyrrelse av posisjoneringssystemer i Barentsområdet kan ha alvorlige konsekvenser for søk og redningsarbeidet.⁹⁶

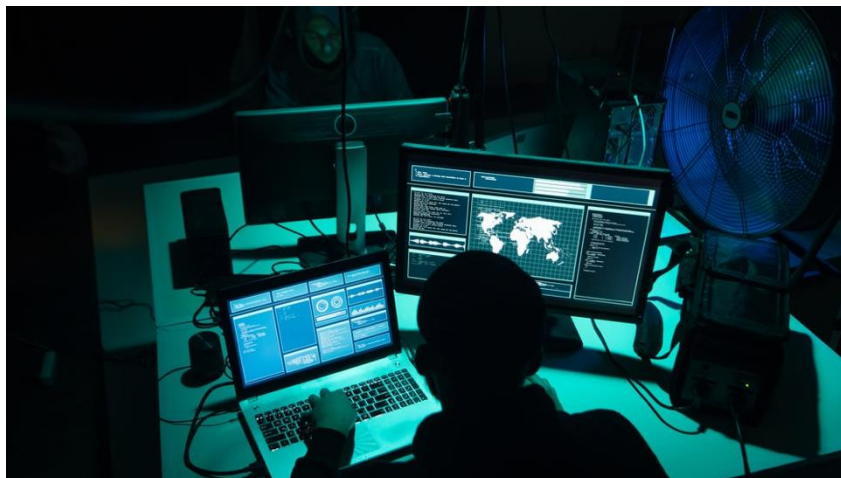
IT og digital teknologi

Bidragstere: Kurt Lekanger (Digi)

En sikrere hverdag, men økt antall angrep

I midten av mars ble Hydro-ansatte møtt av håndskrevne notater klistret på inngangsdøren til arbeidsplassen. «Hydro er under cyberangrep. Ikke koble PC til nettverk inntil ny beskjed» var teksten på lappen.

Selskapet ble rammet av et massivt hackerangrep⁹⁷, som mangler sidestykke i norsk næringslivshistorie, og det skulle gå lang tid før arbeidsverktøyene var tilnærmet normalisert.⁹⁸



En av ti kommuner har opplevd dataangrep, men sliter med å rekruttere IKT-spesialister. Foto: Colourbox

Angrepet skjedde i form av et kryptovirus, et datavirus som infiserer en maskin, krypterer informasjon på maskinen, gjør disse utilgjengelige og krever løsepenger av brukeren for å låse opp innholdet. Det rammet den amerikanske delen av selskapet først, men spredte seg som ild i tørt gress til resten. I alt 35.000 ansatte i 40 land ble rammet.⁹⁹ Angrepet fikk konsekvenser for Hydros produksjon, som måtte gå over til mer manuelle prosesser der det var mulig.¹⁰⁰

Dette angrepet førte til nedetid for selskapet, og er et godt eksempel på hvordan et ganske enkelt angrep kan få massive konsekvenser raskt. Angrepet viser også hvordan vektorer for skadevare og andre forsøk på å hacke systemene ikke tar hensyn til hvem som angripes. De går på alle åpninger og sprekker som måtte finnes, uansett hvem som åpner for angrepet. Slik tvinges alle ansatte og andre aktører i norske bedrifter til å tenke sikkerhet hele tiden. Den den enkleste angrepsvektoren befinner seg «mellom tastaturet og stolen» som fagfolk ofte sier, altså mennesket.

Stadig nye angrepsvektorer

Parallelt med folks økte oppmerksomhet på disse angrepene, blir de også mer komplekse og bruker ukonvensjonelle metoder. For første gang ble en metode for å angripe selskap via et fotografiapparat dokumentert. Mange kameraer bruker trådløse nettverk til å sende bildene, og en teoretisk mulighet er å angripe kameraet via disse.¹⁰¹

Med stadig økende krav til økt sikkerhet, fordrer det en økt satsing på utdanning innen temaet. To nye masterstudier innen cybersikkerhet er lansert, men om klarer å utdanne et stort nok volum til å holde tritt med behovet for eksperter på feltet er usikkert.¹⁰² Målet for studiet i kybersikkerhet er å utdanne folk innen to studieretninger som gir teknologisk spesialisering eller ledelsesspesialisering.

I vanlige IT-studier kommer sikkerhet til å spille en enda større rolle enn tidligere. Det blir en sentral del av alle IT-fag, og en enda større del av avanserte IT-studier på universitetsnivå. Vi ser konturene av en mental leveregel for IT-sikkerhet, hvor man ikke lenger ser på et hackerforsøk som unntak, men som fullstendig gitt på et eller annet tidspunkt.¹⁰³

Digitaliseringen øker i takt

I likhet med industrien er det en sterk økning av digitaliseringstakten for andre sektorer. Det har kommet på plass offentlige mandater som gjør arbeidet mer målrettet og effektivt. Noen eksempler på digitaliseringstiltak i det offentlige:

- Stat og kommune skal dele mer data og jobbe tettere sammen. Det kommer i tillegg til en verdensledende satsning på offentlig IT.¹⁰⁴ Et av målene er at innbyggernes livshendelser skal stå i sentrum, disse går ofte på tvers av ulike offentlige instanser og ved å ta utgangspunkt i de digitale behovene skal dette effektiviseres.¹⁰⁵
- Arkivverket er en av de som satser stort på digitalisering¹⁰⁶, spesielt sett i lys av deres mandat som nasjonal hukommelse og plikt til langvarig bevaring av dokumenter.
- Helsesektoren tar et stort steg fremover med sentral digitalisering av pasientjournaler. Det skjer på Tynset, og Norge skal få et verdensledende digitalt arkiv for lagring av pasientjournaler.¹⁰⁷ 15 millioner pasientjournaler skal digitaliseres i de neste 25 årene, til nytte for helsevesenet og forskning.¹⁰⁸

Innen offentlig sektor generelt skjer det også en overgang til mer moderne former for IT-utvikling.¹⁰⁹ Der sektoren før var preget av «fossefallsmetoden», altså den mer tradisjonelle metoden for utvikling, er det nå stadig flere som tar i bruk «smidig»-teknikker. Forskjellen kan beskrives som å levere et enormt prosjekt som én leveranse, eller å stadig gjøre mindre forbedringer og påbygg for å oppnå visse minimumskrav til leveranse.

Et synlig eksempel på dette er overgang fra stormaskiner og 60-tallsteknologi, til skybaserte løsninger. Denne overgangen er pågående, men i likhet med digitaliseringen, i økende takt. Det hele bildet av offentlig IT blir mer komponentbasert, med jevnere og oftere utrulling av nye produkter. En IT-løsning er aldri ferdig, og spesielt ikke i det offentlige.

Skyteknologi og kunstig intelligens

Et datasenter som står i kjelleren hos en bedrift eller en etat blir stadig sjeldnere.¹¹⁰ Etter flere år med debatt rundt skyløsninger, har også det offentlige tatt disse løsningene i bruk i stor skala.

Et stort skifte som er i ferd med å påvirke alle brukere av skyløsninger, er overgangen fra å tenke skyløsninger som *lagring* til å tenke skyløsninger for *databehandling*. Dette

gjelder alle former for databehandling, og ikke minst kunstig intelligens og maskinlæring.



Googles datasenter i Eemshaven, Nederland. Foto Google

Tjenester som Microsoft Azure, Google Cloud Platform og Amazon Web Services (AWS) har en god stund blitt forbundet med databehandling i skyen, og blir fortløpende bygget ut med svært avanserte men likevel lett anvendelige løsninger for kunstig intelligens.¹¹¹ Dermed får den kunstige intelligensen en slags stordriftsfordel som flere aktører kan benytte seg av.

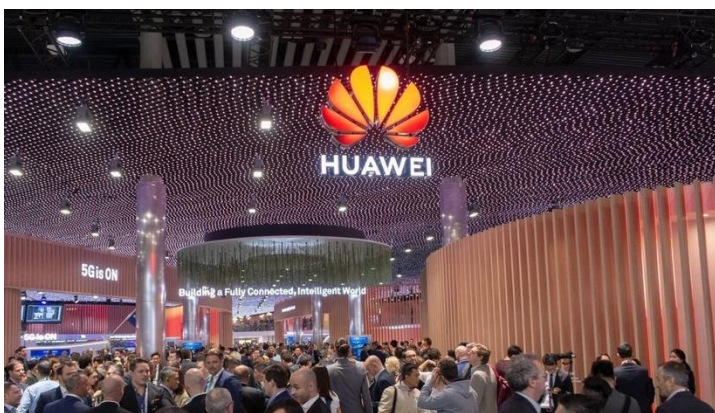
I korte trekk har skyen blitt en mer akseptert del av IT-hverdagen, i stadig større grad også for skeptikerne som har snakket høyt om problemer rundt sikkerhet. Serverrommene kommer til å forsvinne, selv for de aller mest konservative og sikkerhetsorienterte bedriftene, og erstattes av "interne skyløsninger".

Tingenes internett og 5G

Få bransjer beveger seg så fort som IT-bransjen. Forkortelsene som var på alles lepper i fjor, kan være glemt i år. En av de som har falt ut av opphausingen, er *tingenes internett*.

Det skyldes at nettilkoblingen har blitt så naturlig for nær sagt alle enheter, at det ikke lenger er behov for å skille dette ut som en egen gruppe. I 2019 føles det nærmest unaturlig at noe *ikke* er koblet til nettet på et eller annet vis.

Her kommer 5G inn.



Huawei, som har vært i vinden det seneste året, er en stor aktør i levering av 5G-nettverksteknologi. Foto: Håvard Fossen

NRK tester ut kringkasting av TV-sendinger via 5G-nettet¹¹², Telia sender en IMAX-kinofilm live via nettet¹¹³ og begge telegigantene satser stort på at "alt" som hittil ikke har blitt koblet til nettet, nå kommer online.¹¹⁴

Samtidig representerer 5G et behov for skifte av fokus på datamengde levert, til andre kvaliteter som så langt har vært litt i skyggen. Båndbredden, altså muligheten til å levere et kvanta med data, har blitt langt bedre med 5G, mens andre kvaliteter som latens (muligheten til å motta en rask respons) og kvalitetssikring av forbindelsene er sterkt forbedret i 5G-systemet. Det betyr at tjenester som er kritisk avhengige av tjenestekvaliteten, tenk for eksempel robotkirurgi, nå kan leveres trådløst og med bedre kvalitet.

Mangel på kompetanse i IT-sektoren

Et tema som «alle» intervjuobjekter snakker med journalistene om, er den akutte mangelen på kompetanse i IT-sektoren. Med noen få unntak i drift av IT-systemer hvor skytrends drar hele sektoren vekk fra egen IT-drift, er det vanskelig å skaffe kvalifisert personell i hele sektoren. Behovet for utviklere er spesielt prekært, og IT-bransjens organisasjon Abelia viser til synkende kompetansenivå i norsk IT-utdanning.¹¹⁵ I en konkurranse om smarte hoder, rangerer Norge nær bunnen av listen av attraktive land for utdanning.

Selskapene imellom er det en hard konkurranse der rekruttererne er i front og lange rekrutteringsprosesser kan ende i frustrasjon når en arbeidsgiver «kjøper tilbake» sin egen arbeidstaker med tilbud om høyere lønn.

For å bøte på dette problemet, er det satt i verk flere tiltak på utdannelsesfronten: Det gis støtte til utdannelsesiltak under jobb¹¹⁶, det opprettes flere studieplasser¹¹⁷ men langt fra nok til å holde følge med behovet. I tillegg omskolerer mange bedrifter egne ansatte for å dekke kompetansen eller rett og slett outsourcer til konsulenter.

Referanser

- ¹ <https://www.tu.no/artikler/reverserte-pumpeprosess-kutter-nesten-alle-klimautslipp-fra-gassen/469415>
- ² <https://www.tu.no/artikler/fornyer-34-skip-kutter-3-prosent-av-norges-co2-utslipp/469152?key=4flf9X3N>
- ³ <https://www.tu.no/artikler/elflyet-alice-skal-revolusjonere-regionsflyene/467982>
- ⁴ <https://www.tu.no/artikler/stromkilden-til-dette-hybridflyet-utvikles-i-trondheim/451838>
- ⁵ <https://www.tu.no/artikler/osm-aviation-legger-inn-tidenes-storste-elfly-bestilling/462987>
- ⁶ <https://www.tu.no/artikler/norges-forste-elfly-nodlandet-i-arendal-med-avinor-sjefen-bak-spakene/471557>
- ⁷ <https://www.tu.no/artikler/haper-den-dronen-skal-kunne-frakte-gods-og-personell-offshore/457735?key=M1FQh5Ez>
- ⁸ <https://www.tu.no/artikler/dette-pilotanlegget-tester-co2-fangst-fra-avfallsforbrenning/459177?key=AjODu7Aw>
- ⁹ <https://www.tu.no/artikler/fullskala-co2-fangst-og-lagring-kan-trolig-beslattes-i-2020/465245>
- ¹⁰ www.tu.no/artikler/klimamalene-skriker-etter-ccs-losninger-men-hva-om-ingen-av-de-norske-fullskalaprojektene-blir-finansiert/471439?key=bX4eWIHy
- ¹¹ <https://www.tu.no/artikler/97-prosent-har-fatt-ny-strommalere-nve-krever-hundre-prosent-i-lopet-av-neste-ar/465397?key=0mKyiK6M>
- ¹² <https://www.tu.no/artikler/na-kan-solceller-bli-mer-lonnsomt-i-borettslag/463058?key=TuB8MXbQ>
- ¹³ <https://unfccc.int/news/renewable-energy-accounts-for-third-of-global-power-capacity-irena>
- ¹⁴ <https://www.tu.no/artikler/solkraften-vil-vaere-billig-og-den-vil-bidra-til-a-presse-kraftprisene-nedover/443045?key=RDmgqiFk>
- ¹⁵ www.tu.no/artikler/rec-solar-blir-verdens-forste-til-a-resirkulere-silisium-til-solpanel-br/468332?key=cDbDSf3U
- ¹⁶ <https://www.tu.no/artikler/solcellepanel-er-i-ferd-med-a-bli-hyllevare-na-far-norske-otovo-selge-paneler-over-disk-i-sverige/439585?key=oZGUalfB>
- ¹⁷ <https://www.tu.no/artikler/verdens-nordligste-pluss-hus-apner-dorene/458951?key=hCmK2Dtg>
- ¹⁸ <https://www.tu.no/artikler/eksplosiv-vekst-i-norsk-solenergi/459703>
- ¹⁹ <https://www.tu.no/artikler/massiv-motstand-mot-vindkraft-kun-5-av-101-kommuner-sier-ja/474164>
- ²⁰ <https://www.tu.no/artikler/nve-anser-13-omrader-som-egnet-for-a-opprette-vindkraft-anlegg-i-norge/461889>
- ²¹ <https://www.tu.no/artikler/vil-starte-utbygging-pa-froya-i-dag-men-vind-motstanderne-fortsetter-kampen/465152>
- ²² <https://www.tu.no/artikler/de-gronne-politikere-bygg-bare-vindkraft-i-industriomrader/464093>
- ²³ <https://www.tu.no/artikler/klp-og-storebrand-froya-saken-gjor-det-mer-risikabelt-a-investere-i-vindkraft/463772?key=qGY1yK8z>
- ²⁴ <https://www.tu.no/artikler/nordsjoen-er-det-nye-silicon-valley-for-havvind-ett-land-glimrer-med-sitt-fravaer-br/468525?key=vf3ZNrdj>
- ²⁵ <https://www.tu.no/artikler/rederiforbundet-onsker-storsatsing-pa-havvind/467217>
- ²⁶ www.tu.no/artikler/ny-rapport-lonnsomt-a-subsidiere-hjemmemarked-for-havvind-kan-skape-verdier-for-117-milliarder-kroner/474071
- ²⁷ <https://www.tu.no/artikler/ife-atomreaktoren-pa-kjeller-stenges/463710>
- ²⁸ www.tu.no/artikler/norsk-atomlagring-bryter-internasjonale-standarder-ma-bygge-nytt-br/473855?key=Uls5KoZP
- ²⁹ www.tu.no/artikler/atomoppyrdding-pa-kjeller-blir-tre-ganger-dyrere-enn-antatt/472431
- ³⁰ www.tu.no/artikler/ife-gransker-mulig-vitenskapelig-uredelighet-i-prosjekter-ved-haldenreaktoren/470858
- ³¹ <https://www.tu.no/artikler/rapport-ingen-by-i-verden-har-hoyere-elbilandel-enn-bergen-men-i-beijing-er-det-nesten-like-mange-som-i-hele-norge/450086>
- ³² <https://www.tu.no/artikler/her-er-fremtidens-elektriske-brannbil-pa-vintertestning-i-norge/457509>
- ³³ <https://www.tu.no/artikler/selvkjorende-biler-er-enna-en-drom-fortsatt-bare-pa-niva-2-av-5/467952>
- ³⁴ <https://www.tu.no/artikler/selvkjorende-biler-er-enna-en-drom-fortsatt-bare-pa-niva-2-av-5/467952>
- ³⁵ <https://www.tu.no/artikler/her-apnes-oslos-forste-rute-med-forerlos-buss/465707>

-
- ³⁶ <https://www.tu.no/artikler/her-er-maskinen-som-kan-rengjore-byen-helt-pa-egen-hand/468424?key=Y6SFUGKq>
- ³⁷ <https://www.tu.no/artikler/handlingsplan-skal-halvere-utslipp-i-skipsfarten-pa-11-ar-vanskelig-men-mulig/468155>
- ³⁸ <https://www.tu.no/artikler/na-er-endelig-verdens-storste-hybridskip-levert-fra-ulstein-til-color-line/470748>
- ³⁹ www.tu.no/artikler/norled-bygger-verdens-forste-hydrogen-ferge/452526
- ⁴⁰ <https://www.tu.no/artikler/amerikas-forste-batteriferge-far-norsk-teknologi/464962>
- ⁴¹ <https://www.tu.no/artikler/700-000-i-gebyr-for-svovelutslipp-i-norske-verdensarvfjorder/465422>
- ⁴² <https://www.tu.no/artikler/her-lager-de-hurtigrutens-neste-drivstoff/466083?key=2JMsN0do>
- ⁴³ www.tu.no/artikler/shells-datterselskap-skal-forsyne-kystruteskipene-med-flytende-gass/467434?key=zbjtTpYX
- ⁴⁴ <https://www.tu.no/artikler/na-kan-folgefornn-seile-automatisk-fra-havn-til-havn-og-legge-til-selv/452355>
- ⁴⁵ <https://www.tu.no/artikler/verdens-forste-helt-autonome-fergeseilas-gjennomfort-teknologien-er-100-prosent-klar/452610>
- ⁴⁶ <https://new.abb.com/news/no/detail/11721/abb-bidrar-til-banebrytende-fjernstyrt-fergetur>
- ⁴⁷ <https://www.tu.no/artikler/det-er-smatt-utrolig-at-et-lite-land-som-norge-skal-dominere-autonomifeltet/453286?key=d85LQ6ou>
- ⁴⁸ <https://www.tu.no/artikler/aferry-billige-og-kjappe-autonome-ferger-skal-konkurrere-med-bruer/468659?key=j0ZOBTZ>
- ⁴⁹ <https://www.tu.no/artikler/bruker-erfaringene-fra-yara-birkeland-til-a-selge-autonom-logistikk-teknologi/456610?key=bUwYvvUh>
- ⁵⁰ <https://www.tu.no/artikler/rederiforbundet-om-autonome-skip-verden-vet-ikke-hvor-langt-norge-er-foran/466764?key=gcETtn41>
- ⁵¹ <https://www.tu.no/artikler/regjeringen-vil-ha-fossilfrie-byggeplasser-over-hele-landet-innen-2025/456364?key=wPL1gAV2>
- ⁵² <https://www.tu.no/artikler/slik-skal-de-elektrifisere-gravemaskinen-og-betongbilen/445425?key=y4c5cRiF>
- ⁵³ <https://www.tu.no/artikler/regjeringen-forbyr-oljefyring-pa-byggeplasser-bellona-vil-forby-bruk-av-gass/455919?key=NluLkMA>
- ⁵⁴ <https://www.tu.no/artikler/gjenbruk-av-byggematerialer-er-helt-nodvendig-for-at-vi-skal-na-klimamalene/447655>
- ⁵⁵ www.tu.no/artikler/baner-vei-for-ombruk-i-byggebransjen-selger-byggevarer-til-under-halv-pris-br/466959?key=ObjKdE5A
- ⁵⁶ <https://www.tu.no/artikler/ibms-digitale-tvilling-skal-hjelpe-byggenaeringen-a-bli-baerekraftig-br/449543>
- ⁵⁷ <https://www.tu.no/artikler/ingeniorer-ma-til-for-a-lose-byggebransjens-massive-avfallsproblem-br/454279?key=2nhgwcZ8>
- ⁵⁸ <https://www.tu.no/artikler/hydro-gar-nye-veier-dette-fasade-elementet-inneholder-75-prosent-skrappmetall-br/468664?key=q19YoWmD>
- ⁵⁹ <https://www.tu.no/artikler/denne-metoden-gjor-bambus-like-sterkt-som-stal/451432?key=Wlo90pSn>
- ⁶⁰ <https://www.tu.no/artikler/splitkon-apner-verdens-storste-massivtrefabrikk-br/464045?key=3PQq8GO8>
- ⁶¹ <https://www.tu.no/artikler/bygger-bergens-storste-massivtrebygg/442174?key=O8Gb9lyO>
- ⁶² www.tu.no/artikler/skanska-og-cbre-satser-pa-well-den-nye-sertifiseringen-for-kontorbygg-br/452552?key=or1NbhzB
- ⁶³ <https://www.tu.no/artikler/mobilskanning-kutter-byggekostnadene-med-over-100-millioner/405382>
- ⁶⁴ <https://www.tu.no/artikler/imersos-nye-laserskanner-har-avdekket-mer-enn-tusen-byggefeil-pa-campus-as-br/456149>
- ⁶⁵ <https://www.tu.no/artikler/snart-blir-laserskannere-sa-billige-at-alle-byggeplasser-vil-skannes-24-7-br/458842>
- ⁶⁶ <https://www.tu.no/artikler/faglaerere-arkitekt-og-ingeniorstudenter-laerer-ikke-nok-om-digitalisering/454303?key=oS4KLDBH>
- ⁶⁷ <https://www.tu.no/artikler/her-gar-de-ett-ar-og-far-en-kompetanse-byggebransjen-skriker-etter/453917?key=MWrv0mc1>
- ⁶⁸ <https://www.tu.no/artikler/3d-modeller-i-borettslag-skal-gi-smartere-oppussing/469324>

-
- ⁶⁹ <https://www.tu.no/artikler/jan-ove-fikk-hakeslepp-da-han-begynte-i-bransjen-utviklet-program-for-a-sikre-stillaser-br/468571?key=sikCluDJ>
- ⁷⁰ <https://www.tu.no/artikler/denne-barneskolen-i-nordland-kan-hjelpe-byggebransjen-til-a-kutte-utslippene-av-klimagasser/469477?key=2nmYr4YM>
- ⁷¹ <https://www.tu.no/artikler/alle-ombord-blir-evakuert-fra-knm-helge-ingstad-etter-kollisjon-med-tankbat/450626>
- ⁷² <https://www.tu.no/artikler/uvisst-om-knm-helge-ingstad-kan-bli-sjosatt-igjen/450841>
- ⁷³ <https://www.tu.no/artikler/det-ser-ut-som-de-har-bruk-sytrad-bergingseksperter-mener-det-var-feil-a-sikre-fregatten-med-vaiere/451073>
- ⁷⁴ <https://www.tu.no/artikler/knm-helge-ingstad-her-er-bergingsoperasjonen-trinn-for-trinn/454027?key=XWJvDuGI>
- ⁷⁵ <https://www.tu.no/artikler/regjeringen-sier-nei-til-a-reparere-knm-helge-ingstad-ny-losning-er-ikke-klar/468340>
- ⁷⁶ <https://www.tu.no/artikler/norges-storste-marinefartoy-pa-plass-i-bergen/461813>
- ⁷⁷ <https://www.tu.no/artikler/na-bygges-sjoforsvarets-storste-skip/223895>
- ⁷⁸ <https://www.tu.no/artikler/skvadronsjef-stale-steel-vi-har-gjort-kvantesprang-med-f-35/464652> og <https://www.tu.no/artikler/tre-nye-f-35-pa-plass-i-nye-sheltere-kun-uker-til-de-kan-overta-for-f-16/473940>
- ⁷⁹ <https://www.tu.no/artikler/usa-har-kastet-tyrkia-ut-av-f-35-programmet/469966>
- ⁸⁰ <https://www.tu.no/artikler/her-trener-norges-f-35-piloter-pa-de-mest-ekstreme-operasjonene/469072>
- ⁸¹ <https://www.tu.no/artikler/norske-flygere-har-for-forste-gang-deltatt-med-f-35-i-verdens-storste-luftovelse/461237>
- ⁸² <https://www.tu.no/artikler/de-sju-siste-f-16-forlot-orland-med-sjefen-i-baksetet/461950>
- ⁸³ <https://www.tu.no/artikler/na-er-det-offisielt-japan-kjoper-kongsberg-missiler/460109>
- ⁸⁴ <https://www.tu.no/artikler/enorm-f-35-kontrakt-til-kongsberg/469549>
- ⁸⁵ <https://www.tu.no/artikler/usa-hadde-ikke-noe-annet-valg-enn-a-bestille-det-norske-kryssermissilet/450765>
- ⁸⁶ <https://www.tu.no/artikler/india-gjor-klart-for-a-bruke-kongsbergmissiler-pa-nye-helikoptre/465457>
- ⁸⁷ <https://www.tu.no/artikler/det-amerikanske-marinekorpsset-kjoper-kongsberg-missiler/464700>
- ⁸⁸ <https://www.tu.no/artikler/kongsbergs-storste-enkeltavtale-noen-gang-luftvern-til-qatar-for-5-6-milliarder-kroner/469622>
- ⁸⁹ <https://www.tu.no/artikler/na-er-avtalen-endelig-i-boks-kongsberg-skal-levere-luftvern-til-australia/468138>
- ⁹⁰ <https://www.tu.no/artikler/saab-og-lockheed-martin-lanserer-konkurrent-til-kongsbergs-luftvern/458396>
- ⁹¹ <https://www.tu.no/artikler/var-de-forste-som-dro-til-krig-med-black-hornet-na-kjoper-britene-nye-droner/463459>
- ⁹² <https://www.tu.no/artikler/pa-kort-tid-har-den-norske-droneprodusenten-fatt-inn-kontrakter-verdt-1-1-milliarder-kroner/455017>
- ⁹³ <https://www.digi.no/artikler/gps-jamming-kan-true-sikkerheten-i-nord/455359>
- ⁹⁴ <https://www.digi.no/artikler/finland-russland-trolig-bak-forstyrning-av-gps-signal-under-trident-juncture/450960>
- ⁹⁵ <https://www.digi.no/artikler/stoltenberg-gps-jamming-er-farlig-og-uansvarlig/457850>
- ⁹⁶ <https://www.digi.no/artikler/solberg-vil-ha-slutt-pa-russisk-gps-jamming/462647>
- ⁹⁷ <https://www.tu.no/artikler/hydro-utsatt-for-stort-cyberangrep/460733>
- ⁹⁸ <https://www.digi.no/artikler/hydro-rammet-av-hackerangrep/460737>
- ⁹⁹ <https://www.digi.no/artikler/hydro-jobber-med-a-noytralisere-angrepet-bekrefter-at-pc-parken-er-slatt-ut-av-kryptovirus/460820>
- ¹⁰⁰ <https://www.digi.no/artikler/skadevaren-traff-bade-hydros-pc-er-og-produksjonssystem-utbruddet-ble-forst-oppdaget-i-usa/460873?key=FfJX2Y3z>
- ¹⁰¹ <https://www.digi.no/artikler/installerer-losepengevirus-pa-systemkameraer/471363>
- ¹⁰² <https://www.digi.no/artikler/norske-selskaper-er-desperate-etter-a-ansette-na-lanseres-nytt-masterstudium-i-sikkerhet/460432?key=FFWNvbN2>
- ¹⁰³ <https://www.digi.no/artikler/informatikk-ikt-dataingenior-dette-er-forskjellen-pa-studiene-og-dette-blir-jobben-din-etterpa/449372?key=oedTexmP>

-
- ¹⁰⁴ www.digi.no/artikler/endelig-skal-stat-og-kommune-samarbeide-om-digitale-tjenester-delning-av-data-kan-bli-palagt/467485?key=IEQRH2zP
- ¹⁰⁵ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/tar-brukerne-pa-alvor-i-ny-digitaliseringsstrategi-for-offentlig-sektor/id2653868/>
- ¹⁰⁶ <https://www.digi.no/artikler/arkivverkets-store-omstilling-kjelleren-her-er-full-av-papir/468250?key=g1uEqL7>
- ¹⁰⁷ www.digi.no/artikler/15-millioner-pasientjournaler-digitaliseres-pa-tynset/466363
- ¹⁰⁸ <https://www.digi.no/artikler/her-skal-norske-helsedata-langtidsbevares-med-fri-programvare/456789?key=hxJAYYrc>
- ¹⁰⁹ www.digi.no/artikler/derfor-har-vi-dem-fortsatt-stormaskinene-har-det-alt-for-travelt-til-a-do/469769
- ¹¹⁰ <https://www.digi.no/artikler/norge-er-det-minst-modne-markedet-i-europa-men-flere-har-heftige-planer/459612?key=WWX0RZqU>
- ¹¹¹ www.digi.no/artikler/microsoft-azure-skal-na-gjore-ai-utvikling-lettere-og-introduserer-ny-blokkjedetjeneste/464256
- ¹¹² www.digi.no/artikler/nrk-vil-sende-tv-over-5g/456803
- ¹¹³ www.digi.no/artikler/telia-apner-5g-testnett/453500
- ¹¹⁴ www.digi.no/artikler/telenor-klar-med-ny-teknologi-for-tingenes-internett-i-mobilnettet/451720
- ¹¹⁵ www.digi.no/artikler/abelia-om-nivaet-pa-norsk-it-utdanning-fra-svak-til-svakere/471411?key=ROwsumCp
- ¹¹⁶ www.digi.no/artikler/regjeringen-gir-35-millioner-kroner-til-videreutdanninger-som-kan-kombineres-med-jobb/466896
- ¹¹⁷ www.digi.no/artikler/det-blir-120-nye-ikt-studieplasser-fra-hosten/469412