



Kunnskap for en bedre verden

FAKULTET FOR INFORMASJONSTEKNOLOGI OG
ELEKTROTEKNIKK

TDT4860 - EKSPERTER I TEAM - DIGITALE TVILLINGER

Prosjektrapport

Hvordan kan autonome kjøretøy i havn bidra til oppdatering og
kvalitetssikring av digital tvilling?

Forfattere:

Stig Morten Lyse

Magnus Nordahl

Thomas Nyrem Eilifsen

Kristian Sending Slåtsve

03. Mai 2023

Forord

Oppgaven er utviklet som et resultat av prosjektoppgave i emnet “TDT4860 Ekspertter i team” våren 2023 ved Norges Teknisk- naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Gjennom utviklingen av prosjektoppgaven har gruppen fått kunnskap og erfaring innen flere aspekter for digital tvilling og automatiserte kjøretøy.

Gruppen ønsker å takke Filip Emil Schjerven for god veiledning og hjelp, samt både konstruktive og positive tilbakemeldinger. Videre vil gruppen takke de eksterne partnerne Lars Fredrik Gyland fra Kartverket og Maléne Peterson fra Norkart, for god hjelp og veiledning i denne oppgaven.

Til slutt ønsker gruppen å takke våre informanter for deres bidrag til intervjuene og til oppgaven, samt deres engasjement til å lære bort sin ekspertise. Takk til Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy, og Knut Jetlund som jobber i både Kartverket og NTNU.

Sammendrag

Denne prosjektoppgaven er basert på litteratursøk og to kvalitative intervju med Hive Autonomy samt Kartverket og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). De kvalitative intervjuene er av fagpersoner med høy kompetanse innen tematikken automatisering, digital tvilling, autonome kjøretøy- og prosesser. Dette er benyttet for å undersøke muligheter om hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetsikring av digital tvilling.

Ved å ta i bruk autonome kjøretøy i havn i samspill med digital tvilling, vil risikoen for menneskelig svikt kunne reduseres ved at autonome systemer og kunstig intelligens gjør mesteparten av det menneskelige arbeidet. Dette bidrar til at menneskelige input kan unngås i deler av prosessene, samtidig som risikoene knyttet til farer for mennesker i utsatte situasjoner reduseres. Bruken av kunstig intelligens i autonome kjøretøy tillater at enorme mengder sensordata, som LiDAR, GNSS og kamera, kan prosesseres og håndteres i sanntid, med minimale feilkilder og mulighet for simulering av fremtidige situasjoner i en havn.

Det er utarbeidet to Unified Modeling Language (UML)-diagrammer for å gi en visuell fremstilling av forslag til hvordan en digital tvilling av et autonomt kjøretøy kan se ut ved ulik grad av autonomi. Videre er det utformet et Business Process Model and Notation (BPMN)-flytdiagram som illustrerer flytprosessen av et autonomt kjøretøy i havn, og hvordan det autonome kjøretøyet innsamler sensordata, kvalitetsikrer dataen, og oppdaterer den digitale tvillingen.

Nøkkelord: *Digital tvilling, autonome kjøretøy, SAE-nivå, UML, BPMN, LiDAR, GNSS, kunstig intelligens, informasjonssikkerhet, datahåndtering.*

Abstract

This project assignment is based on a literature search and two qualitative interviews with Hive Autonomy, Kartverket, and the Norwegian University of Science and Technology (NTNU). The qualitative interviews are with professionals with high expertise in the field of automation, digital twin, autonomous vehicles, and processes. This is used to investigate how autonomous vehicles in ports can contribute to updating and quality assurance of a digital twin.

By deploying autonomous vehicles in port in interaction with digital twins, the risk of human error could be reduced by having autonomous systems and artificial intelligence do most of the human work. This helps to avoid human input in parts of the processes, while reducing the risks related to hazards to humans in vulnerable situations. The use of artificial intelligence in autonomous vehicles allows huge amounts of sensor data, such as LiDAR, GNSS, and cameras, to be processed and handled in real-time, with minimal sources of error and the possibility of simulation of future situations in a port.

Two Unified Modeling Language (UML) diagrams have been developed to provide a visual representation of a proposed digital twin of an autonomous vehicle at different levels of autonomy. Furthermore, a Business Process Model and Notation (BPMN) flow diagram has been designed to illustrate the flow process of an autonomous vehicle in port, and how the autonomous vehicle collects sensor data, quality assures the data, and updates the digital twin.

Keywords: Digital twin, autonomous vehicles, SAE-level, UML, BPMN, LiDAR, GNSS, artificial intelligence, information security, data management.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste	v
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	1
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Ekspertes i team	2
1.5 Gruppekompetanse	3
2 Metode	4
2.1 Litteratursøk	4
2.2 Kvalitativt intervju	4
2.3 Veiledningsmøter	5
2.4 Feilkilder	5
2.5 Enterprise Architect	5
3 Teori	6
3.1 Digital tvilling	6
3.2 Internet of Things (IoT)	7
3.3 Sensordata	7
3.3.1 LiDAR	7
3.3.2 GNSS	9
3.4 Autonome kjøretøy	9
3.5 Kunstig intelligens	11
3.6 Informasjonssikkerhet	12
3.7 Unified Modeling Language - UML	12
3.7.1 UML klassediagram	13
3.7.2 Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon - SOSI	13
3.7.3 Havnedata 3.0	13
3.8 Business Process Model and Notation - BPMN	13

4	Resultat	14
4.1	Diagram	14
4.1.1	UML	14
4.1.2	BPMN	16
4.2	Kvalitative intervjuer	17
4.2.1	Intervju med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy	17
4.2.2	Intervju med Knut Jetlund fra NTNU/Kartverket	18
5	Diskusjon	19
5.1	Autonome kjøretøy	19
5.2	Innsamling av data	20
5.3	Lagring og sikring av data	21
5.4	Analyse og tolkning av data	22
5.5	Menneskelige og automatiske input	23
5.6	Informasjonssikkerhet	24
5.7	Økonomi	25
6	Videre arbeid	26
7	Konklusjon	27
	Referanseliste	28
	Appendix	31
A	Kvalitativt intervju Hive Autonomy-Jens Petter Haugen	31
B	Kvalitativt intervju NTNU/Kartverket-Knut Jetlund	38

Figurliste

1	Livssyklusen til en digital tvilling	6
2	Formel for å beregne avstand d i LiDAR, hvor c er lysets hastighet, og t_{ToF} er tiden fra laseren blir sendt ut til den blir reflektert og detektert av sensoren (time of flight) [17].	8
3	LiDAR-kart	8
4	LiDAR-kart 2	8
5	3D-bilde av autonome kjøretøy	9
6	3D-bilde av autonomt kjøretøy med kamera	10
7	UML-diagram av digital tvilling for autonomt kjøretøy i havn for SAE-nivå 3.	14

8	UML-diagram av digital tvilling for autonomt kjøretøy i havn for SAE-nivå 5. . . .	15
9	BPMN-diagram av autonome kjøretøy og digital tvilling i havn.	16

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

En viktig del av digital tvilling, er hvordan den kan implementeres i digitaliseringen av samfunnet. I dagens digitalisering er det også fokus på autonome prosesser som inkluderer å automatisere kjøretøy. For å utarbeide automatiserte kjøretøy, vil det være nyttig å søke ekspertise av veletablerte eksisterende aktører som daglig jobber innenfor denne tematikken.

Bakgrunnen for denne oppgaven ble primært utformet etter ønske fra de eksterne partnerne Kartverket og Norkart. De samarbeider begge tverrfaglig med problemstillingen rundt hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling.

En slik problemstilling er omfattende, og vil ifølge bransjen ha flere forskningsspørsmål som må undersøkes. Dette ønsket gruppen å se nærmere på, og fikk problemstillingen godkjent av landsbyleder Filip Emil Schjerven.

Videre ble Knut Jetlund involvert i oppgaven da han var godt kjent fra før som følge av at et av gruppens medlemmer har hatt undervisning av Jetlund på NTNU ved studieretningen digitale byggeprosesser. Jetlund er i tillegg til å være ansatt på NTNU, også ansatt i Kartverket, hvor han er involvert i den innledende fasen av prosjektet for automatisering av kjøretøy i havn, "Norsk Digital Havneinfrastruktur".

1.2 Problemstilling

Denne oppgaven er et samarbeidsprosjekt mellom Kartverket og oss som gruppe og selve gjennomførelsen av oppgaven er gjort som et mulighetsstudie/litteraturstudie/litteratursøk. Kartverket er sammen med blant annet Norkart og Hive Autonomy godt i gang med et havneprosjekt kalt "Norsk Digital Havneinfrastruktur", hvor formålet er å bruke autonome kjøretøy og digital tvilling i norske havner [1], [2]. Dette er et omfattende prosjekt med mange interessenter, og det er et eksempel på hvordan teknologi kan anvendes i den maritime sektoren for å blant annet forbedre beslutningsprosesser og øke effektiviteten av norske havner og kystområder.

Det er mange aspekter ved et slikt omfattende prosjekt, men for studentgruppen og Kartverket var det mest interessant å undersøke hvordan man kan bruke digitale tvillinger og autonome kjøretøy til å oppdatere og sikre at havnene fortsatt opprettholder en høy standard med denne nye teknologien. Vi ble enige om denne problemstillingen for oppgaven:

“Hvordan kan autonome kjøretøy i havn bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling?”

Den digitale tvillingen kan være en digital representasjon av et fysisk objekt, data, informasjon eller en operasjon som er knyttet til en havn. Gruppen har illustrert hvordan en digital tvilling av et autonomt kjøretøy kan se ut i kapittel 4, men det er tiltenkt at den digitale tvillingen også kan være av andre objekter.

1.3 Avgrensninger

Grunnet oppgavens potensielle omfang, var gruppen nødt til å avgrense problemstillingen, slik at gruppens samlede kompetanse ble utnyttet. Autonome kjøretøy og digital tvilling er store områder med flere ulike innfallsvinkler. Gruppen bestemte å fokusere på kvalitetsikring og oppdatering av en digital tvilling ved bruk av autonome kjøretøy i en havn. Det ble også avgrenset til at den digitale tvillingen skulle være av et autonomt kjøretøy.

Det ble bestemt at oppgaven skulle bli utført som et litteratursøk, i kombinasjon med kvalitative intervjuer med relevante fagpersoner innen prosjektet. Dermed skal ikke gruppen utvikle et produkt, men heller besvare problemstillingen ved hjelp av litteraturen og intervjuene. Gruppen bestemte seg for å utforme et utkast i form av diagrammer til hvordan den digitale tvillingen kan se ut, og hvordan flyten rundt oppdatering og kvalitetsikring av en digital tvilling ved hjelp av autonome kjøretøy kan illustreres.

1.4 Ekspertter i team

Ekspertter i team (EiT) er et obligatorisk emne for alle mastergradsstudenter ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Formålet med faget er at studentene skal utvikle kompetanse på tvers av ulike studieretninger. Dette gjøres ved at alle masterstudentene deles inn i tverrfaglige grupper hvor alle medlemmene kommer fra ulike studieretninger. Teamarbeidet som er tverrfaglig brukes til å utvikle kompetanse innenfor samarbeid som resulterer til et mer produktivt teamarbeid, og kan være nyttig erfaring videre til arbeidslivet. Hensiktsmessige problemområder fra arbeids- og samfunnsliv til eksterne og interne samarbeidspartnere danner utgangspunktet for samarbeidet. EiT har en erfaringsbasert læringsform, hvor det mest sentrale i læringen er samarbeidssituasjoner som oppstår underveis i læreprosessen. Videre utvikler studentene kompetanse innen samarbeid ved å foreta refleksjoner fra de forskjellige situasjonene som har oppstått underveis. Gruppen gjør refleksjonsarbeidet sammen, hvor det benyttes ulike samspillsøvelser, fasilitering, tilbakemeldinger, og refleksjonsskriving [3].

Studentene skriver to rapporter, en prosjektrapport og en prosessrapport, som begge danner grunnlaget for karaktersetningen i emnet. Prosjektrapporten fokuserer på et prosjekt som er spesifikt til hver enkelt landsby, og prosessrapporten omhandler hvordan samarbeidet innad i gruppen har vært underveis i prosjektarbeidet. Landsbyen for dette prosjektet er heldigital, noe som innebærer at alt skjer digitalt over ulike plattformer, som eksempelvis Zoom og Microsoft Teams. Gruppens landsbynavn, samt tematikken rundt prosjektrapporten, er “TDT4860 Digitale tvillinger”.

1.5 Gruppekompetanse

- Kristian Sending Slåtsve - Dette er mitt fjerde år som student på NTNU. De første tre årene tok jeg en bachelorgrad i samfunnsøkonomi med støtteprofil i økonomi og administrasjon. Høsten 2022 begynte jeg på en mastergrad i økonomi og administrasjon på NTNU Handelshøyskolen med finansiering og investering som hovedprofil. Mitt studie gir meg innsikt og kompetanse om ulike finansielle teorier, vurdering av risiko samt forvaltning av økonomiske ressurser.
- Magnus Nordahl - Har en bachelorgrad fra dataingeniør ved NTNU i Trondheim. Studerer nå en mastergrad i datateknologi, innenfor spesialiseringen "Databaser og søk". I løpet av studiet på bachelor- og mastergrad har jeg jobbet i flere prosjekter i team, hvor noen har vært tverrfaglige, og fått god erfaring med teamsamarbeid. Fra studieløpet har jeg fått erfaring innen blant annet generell programmering og systemutvikling, kunstig intelligens, kryptografi og databaser.
- Stig Morten Lyse - Er utdannet rørlegger med svennebrev, med flere års bransjeerfaring innen dette fagfeltet hvor jeg også driver som selvstendig næringsdrivende. Videre har jeg en bachelorgrad fra NTNU i Trondheim som byggingeniør. Idag tar jeg en master i digitale byggeprosesser (sivilingeniør) på NTNU i Gjøvik. Har tilegnet meg erfaring innen bygningsinformasjonsmodellering (BIM), visuelt programmeringsspråk, digitale byggeprosesser, ulike byggeteknikker, arbeid i team, samt varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk (VVS) med flere.
- Thomas Nyrem Eilifsen - Har en bachelorgrad i informatikk fra NTNU i Trondheim og er nå student ved masterprogrammet i informasjonssikkerhet ved NTNU Gjøvik. Jeg har tilegnet meg erfaring med prosjektarbeid gjennom en rekke emner i løpet av bachelorstudiet, hvorav noen involverte tverrfaglige team. Jeg har også en generell IT-kompetanse som inkluderer programmering, databaser, systemutvikling, kryptografi, og IT-sikkerhet.

2 Metode

Dette kapittelet presenterer et overblikk over de ulike metodikkene som er brukt av teamet under oppgaven. Dette inkluderer litteratursøk, kvalitative intervju, veiledningsmøter med Kartverket, og hvilke verktøy som er brukt under utformingen av resultatene i kapittel 4.

I oppgaven er det valgt å benytte litteratursøk til informasjonsinnhenting. Litteratursøket er benyttet for å utarbeide det teoretiske grunnlaget ved hjelp av ulike søkemotorer, hvor Google Scholar hovedsakelig ble benyttet. På grunnlag av at oppgaven ikke er en litteraturstudie, ble ikke antall treff og søkeord dokumentert. Det ble imidlertid lagt vekt på å benytte nøytrale søkeord for å unngå bias samt finne nyansert faglitteratur.

Det ble videre utført kvalitative intervjuer for å få en reell vurdering av bransjen som jobber med konseptet denne oppgaven er utarbeidet for. De kvalitative intervjuene ble valgt på grunnlag av at gruppen ønsket innspill fra næringen, samt etter ønske fra Kartverket.

Gruppen ønsket å undersøke hvordan aktører med bred erfaring i bransjen så på tematikken om autonome kjøretøy, og hvilke fordeler og ulemper dette kunne medføre. Gruppen gjennomførte et intervju med en fra Kartverket som er reelt involvert i denne casen, og et intervju med en aktør som arbeider med å utvikle autonome kjøretøy for lasthåndtering.

2.1 Litteratursøk

Litteratursøk benyttes som et verktøy for å innhente informasjon om et tema fra flere relevante kilder. Metoden kan brukes til å kartlegge områder som ikke har tilstrekkelig kunnskap, samt tilegne seg tilstrekkelig kunnskap for et tema. Litteratursøk kan være nyttig for å avdekke om oppgavens tema tidligere er blitt undersøkt, samt med å spisse problemstillingen. Kvalitativt intervju gir videre mulighet til å samle eksisterende kunnskap om relevante forskningsmetoder, samt kunnskap relatert til temaet [4].

Hensikten med litteratursøket for oppgaven er å hente inn informasjon om innarbeidet teori innen tematikken autonome kjøretøy. Søkeord fra undervisningen i emnet TDT4860 - Eksperter i team - Digitale tvillinger er brukt for å finne artikler og fagbøker til å utarbeide oppgavens teorigrunnlag. Gruppen har videre benyttet møtene med de ulike partnerne, emneansvarlige og studentassistentene til å utvide teorigrunnlaget.

For utvalgelse har kriteriene vært bruk av forfattere, publiseringssted og forlag, samt problemstillingens relevans til oppgaven [5].

Da oppgavens teorigrunnlag bygger på veletablert teori, er ikke alle søkeprosessens resultater systematisk gjennomgått. Derimot er det benyttet et passende beskrivende utvalg utformet for de nevnte kriteriene.

2.2 Kvalitativt intervju

Kvalitativt intervju er en unik form av dialog mellom to parter som består av; en informant og en forsker(e), hvor det er forsker som stille spørsmålene om et tema [6].

I oppgaven benyttes kvalitativt intervju for å involvere aktører fra bransjen som er profesjonelle på områdene digital tvilling og autonome kjøretøy. Disse er inkludert i oppgaven for å gi gruppen bredere kunnskap og forståelse angående tematikken. Det er videre benyttet kvalitative intervjuer for å undersøke bransjens syn på oppgavens problemstilling, samt hvordan denne kan løses.

Kvalitative intervju gir dypere kunnskap om hendelsesforløp, hendelser, vurderinger, meninger, beslutninger, argumenter, utviklingstrekk eller tiltak. Metoden benyttes for støtte til et litteratursøk for å optimalisere oppgavens informasjonsinnhenting. Videre bidrar det til informasjon om tematikken og livs- og arbeidserfaringer ved å stille utforskende og åpne spørsmål som godtar fleksibilitet. Metodens formål er å gjennomføre intervju(er) som er profesjonelle [6].

Kvalitativt intervju er semistrukturert som følge av at det gjennomføres fra en intervjuguide med fokus på definerte temaer. Kunnskapen er gitt i intervjuformen og skal undersøkes av forskeren, som i denne oppgaven er gruppen. Det er derfor viktig med gode refleksjoner ved bruk av metoden. Tilegnet kunnskap skjer i et kvalitativt intervju ved å benytte empiri og teori. Empiri samler inn uttalelsene fra informant og gruppens observasjoner av interaksjoner, ikke-verbale signaler, og konteksten rundt intervjuet. Teori benyttes ofte som et rammeverk for å tolke samt forstå informasjonen som samles inn. I oppgaven er det benyttet teori for å tolke og utvikle innsamlet informasjon i form av spørsmål. Uavhengig av hvilke tilnærming som blir benyttet, er det viktig at empiri og teori samarbeider for å gi en bedre og dypere forståelse av temaet som blir undersøkt [7], [8].

2.3 Veiledningsmøter

Gruppen hadde faste jevnlige veiledningsmøter med partnerne Maléne Peterson fra Norkart og Lars Fredrik Gyland fra Kartverket. I møtene ble det gitt informasjon om hvilke litteratur som kunne være aktuell å søke i, samt hvilke andre aktører det kunne være lurt å snakke med i forbindelse med oppgaven. Gruppen ble satt i kontakt med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy, etter at han deltok i ett veiledningsmøte.

Formålet med møtene var å få innspill fra bransjen ved å utveksle ideer og erfaringer med partnerne som er med i denne oppgaven. Det har også vært viktig for gruppen å gi en statusoppdatering til partnerne på møtene underveis for å vise hvor langt man er kommet, samt gi muligheten til at partnerne kan komme med innspill underveis.

Hyppigheten på veiledningsmøtene har vært annenhver uke med cirka en times varighet per møte. Det ble skrevet referat av hvert møte, hvor gruppen rullerte på rollen som referent. Referatene var viktig for at gruppen skulle huske viktig informasjon fra møtene. De sørget også for at alle hadde en felles forståelse for hva som ble diskutert og besluttet. Møtene har bidratt med å påvirke oppgaven positivt som følge av at gruppen har fått tilgang til kunnskapsrik litteratur av partnerne og i tillegg blitt gitt flere søkeord som har bidratt til en effektiv søkeprosess i litteratursøket.

2.4 Feilkilder

Det kan i denne oppgaven finnes feilkilder som gjelder innhenting av informasjon fra vitenskapelige artikler og rapporter, hvor noen av kildene kan være feil. Kvalitative intervjuer kan inneholde ulike svar fra mennesker med forskjellige erfaringer, synspunkter, meninger og holdninger, noe som kan resultere i variert tolkning og svar på spørsmålene [9].

Videre kan informasjonen være påvirket av bias. Med bias menes det at slutninger eller resultatene i en forskning er feilaktige eller skjevt vurdert. Dette kan bestå av et begrenset valg av kilder, kontekster eller datatyper for studien, ensidig synsvinkel i undersøkelser, ledende spørsmål til informanter, feilaktig bruk av analysemetoder med flere [9].

I kvalitative intervjuer kan dette oppstå som følge av at spørsmålene er utydelige, eller svarene misforstås. Gruppens medlemmer kan videre bli utsatt for bias i form av forventninger. Dette kan resultere i at gruppen tar avgjørelser som støtter opp under deres antatte forventninger, blir mindre selvkritiske, og blir farget av egne meninger og synspunkter [9].

2.5 Enterprise Architect

Enterprise Architect er et multifunksjonelt grafisk verktøy som hjelper personer med å utvikle vedlikeholdbare og robuste systemer. Programmet er laget av Sparx Systems og brukes til å modellere, designe, dokumentere og administrere forskjellige prosesser og systemer. Programmet har flere verktøy for å modellere prosesser, databaser, systemarkitektur, og applikasjoner [10]. I oppgaven ble det benyttet Enterprise Architect versjon: 15.2.1559 til modellering av Unified Modeling Language (UML) klassediagram og Business Process Model and Notation (BPMN) flytdiagram.

3 Teori

Dette kapittelet gir en oversikt over relevant teori for oppgaven. Det inkluderer en definisjon på digital tvilling, autonome kjøretøy og kunstig intelligens. Informasjon om ulike typer sensordata som blir brukt av det autonome kjøretøyet til innsamling av data blir også presentert. Til slutt blir teori rundt verktøy som er brukt i kapittel 4 forklart og presentert.

3.1 Digital tvilling

En digital tvilling defineres gjerne som en høyteknologisk digital kopi av et objekt som er fysisk, en prosess av for eksempel en bygning, en produksjonsprosess eller en installasjon [11]. Ettersom en digital kopi blir produsert selv når en 3D-modell blir laget eller et bildet skannet, er ikke dette tilstrekkelig for å definere en digital tvilling [12].

Dersom sensorer blir montert på den fysiske enheten, og endringer blir plukket opp av den digitale kopien, så er definisjonen av å kalle den en digital tvilling ikke langt unna [12].

Når det gjøres innstillinger eller endringer i den digitale enheten, gjøres disse også automatisk på den fysiske enheten i sanntid, noe som går begge veier. Et eksempel kan være et autonomt kjøretøy, som endrer kjøreegenskaper i det fysiske kjøretøyet når dette gjøres i det virtuelle systemet [11].

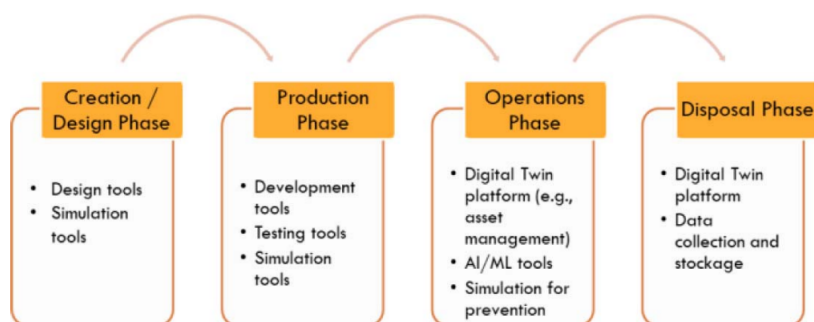
Den digitale tvillingen gjengir atferden til det fysiske objektet og holdes kontinuerlig oppdatert. Oppdateringen skjer ved at den digitale tvillingen benytter sensorer, måleinstrumenter, metainformasjon, geometri, matematiske og fysiske modeller [11].

Store mengder data samles inn over tid, hvor analysen av dataene kan benyttes til å forutse behov for å konstruere simulatorer for trening eller utføre vedlikehold. Digitale tvillinger er videre viktige i omstillingen for grønn bærekraft, da de står sentralt når næringen skal forme fremtidige arbeidsplasser [11].

Digital tvillinger kan benyttes i systemer med mye volum som i smarte byer, fly, bygninger og i ulike virtuelle prosessmiljøer. Videre kan de benyttes i enkle systemer, undersystemer, eller som komponenter for fullstendige simuleringer i ulike datamiljøer. De kan ha høy prosessorkraft som bidrar til å skaffe ny informasjon og oppdage stressende forhold for hele eller deler av ulike systemer [13].

Dette gir muligheter til å forstå hvordan ulike systemer samhandler med hverandre, og oppdage avvik eller feil. Digital tvilling benytter dataanalyse til å forbedre ytelse, sikkerhet og kapasitet til enheter og fysiske systemer [13].

Figur 1 viser en forenklet livssyklus for en digital tvilling og noen funksjoner for å dra nytte av dens tilnærming. Fasene viser hva som er nødvendig for å kunne utføre de ulike prosessene. For eksempel kan designfasen benytte simuleringstøytøyer for å velge noen optimaliseringer for produktet [13].



Figur 1: Livssyklusen til en digital tvilling [13].

Oppførselen til produktet kan så videre simuleres i produksjonsfasen. I driftsfasen vil man kunne kontrollere funksjonsfeil som kan oppstå dersom produktet blir brukt i kritiske situasjoner eller utsettes for stress. Den siste fasen som er avhendingsfasen inntreffer når produktet tas ut av produksjon, drift og til slutt blir avskilt [13].

3.2 Internet of Things (IoT)

Tingenes internett (Internet of Things, IoT) betyr at ting som joggesko, termostat og bil blir smarte. Tingene får internetttilkobling og sensorer som gjør dem compatible til å tolke, dele og samle informasjon om ulike hendelser. Dette kan for eksempel være informasjon om når noen trener, eller i hvor høy grad bilen blir kjørt aggressivt og hvilke påkjenninger den utsettes for [14].

All mengden tilgjengelig informasjon i dagens internett, er generert av mennesker med manuelle input av søkeord, tall eller tekst. Tingenes internett handler derimot om at smarte ting automatisk laster opp informasjonen uten at menneskelige input er nødvendige [14].

For å gjøre tingene smartere kan de utstyres med sensorer som kan måle temperatur, luftfuktighet, bevegelse med mer. Prosessorer kan benyttes til telling eller beregninger av målingene for gjennomsnittstemperatur over tid, eller antall passerte personer over et bestemt målepunkt [14].

Til å lagre beregningene og måledataene for senere bruk kan ulike lagringsenheter benyttes. Internetttilkobling vil gi muligheter til å overføre informasjon, instruksjon og data til tingen, og samtidig føre tilbake til internettet med en sanntids synkronisering. Tingene kan suppleres med batterier som gjør at tingene fungerer selv om de ikke er tilkoblet fast strømmett [14].

Med støtte i en digital tvilling kan systemer overvåkes, simuleres, optimaliseres og teste systemets funksjoner og ytelser. Dette bidrar til å kunne løse problemene digitalt før de oppstår i fysisk verden. I sammenheng med IoT, kan digital tvilling benyttes til å overvåke og analysere data fra enheter og sensorer som er koblet til internett [13].

3.3 Sensordata

Det autonome kjøretøyet vil være montert med ulike sensorer som samler inn LiDAR-data i form av punktskyer, GNSS-mottakere for nøyaktig geoposisjonering, og kamera for høyoppløste bilder av miljøet rundt det autonome kjøretøyet.

3.3.1 LiDAR

Light Detection and Ranging (LiDAR), også kalt “laserskanning” eller “3D-skanning”, er en optisk fjernmålingsteknikk som brukes for å generere en digital representasjon av et fysisk område. Et LiDAR instrument består som regel av en laser, en skanner, og en GPS mottaker. Det finnes flere ulike typer kategorier for LiDAR, basert på bruksområde og funksjonalitet:

- Topografisk (Topographic) LiDAR – Brukes av fly og droner til å måle store overflater, gjerne i forbindelse med kart [15].
- Terrestrisk (Terrestrial) LiDAR – Brukes av fastmonterte stasjonære måleinstrumenter eller mobile kjøretøy til å måle spesifikke lokasjoner eller objekter [16].
- Batymetrisk (Bathymetric) LiDAR – Brukes av fly for å måle havbunn, kystlinje og havner [15].

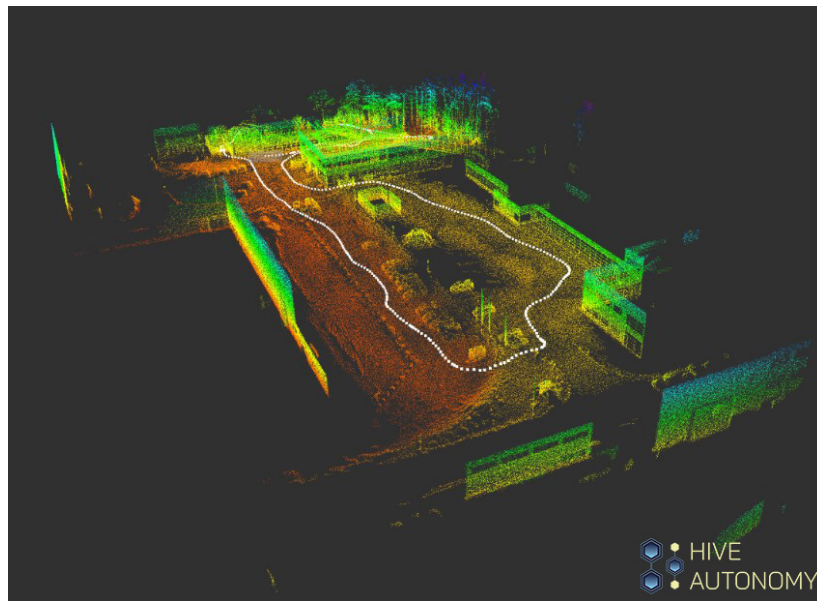
En typisk LiDAR sensor sender ut pulserende lys (synlig, ultrafiolett, eller infrarødt) fra en laser. Tidsforsinkelser fra den utsendte laserpulsen treffer punkter på objekter rundt i miljøet til den blir reflektert tilbake til sensoren. Den blir brukt for å beregne avstand eller fart. LiDAR beregner avstand ved hjelp av følgende formel:

$$d = \frac{t_{ToF} \cdot c}{2} \quad (1)$$

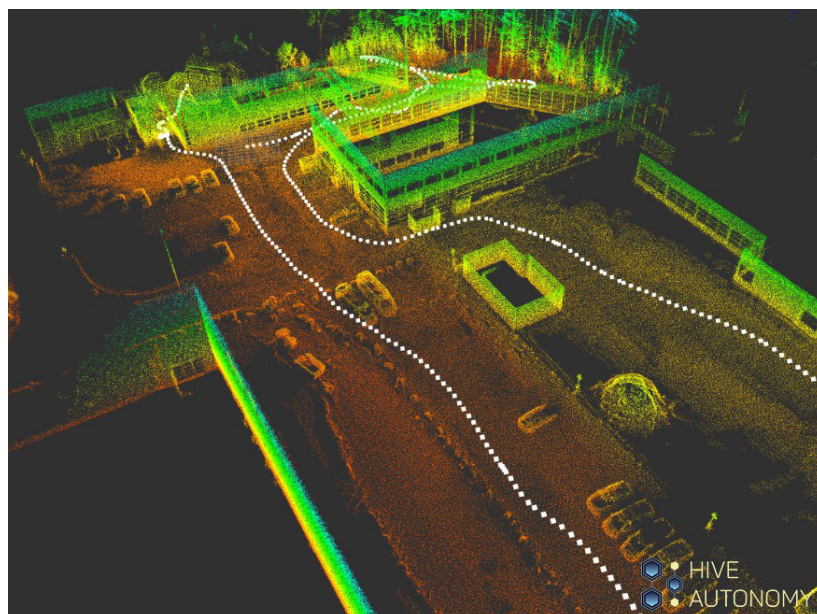
Figur 2: Formel for å beregne avstand d i LiDAR, hvor c er lysets hastighet, og t_{ToF} er tiden fra laseren blir sendt ut til den blir reflektert og detektert av sensoren (time of flight) [17].

Ved hjelp av distanse, GPS og orientering av sensoren, kan XYZ koordinater beregnes og representeres som et tre-dimensjonalt punkt. En LiDAR sensor kan registrere mer enn 1 million punkter per sekund, og genererer data i form av punktskyer, som kan brukes for oppgaver knyttet til vedlikehold, modellering og visualisering [15].

Figur 3 og 4 viser et kart laget med LiDAR og ble sendt til gruppen av denne oppgaven fra Jens Petter Haugen i Hive Autonomy.



Figur 3: LiDAR-kart av Hive Autonomy.



Figur 4: LiDAR-kart 2 av Hive Autonomy.

3.3.2 GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) er en teknologi som benytter seg av et nettverk av satellitter i verdensrommet for å gi nøyaktig posisjonsinformasjon til mottakere på bakken. Satellittene sender ut signaler som inneholder informasjon om deres posisjon og tid, og GNSS-mottakeren bruker disse signalene til å bestemme sin egen posisjon, hastighet og retning. GNSS gir global dekning, og i dag finnes det fire utbygde systemer for GNSS: det europeiske Galileo, det amerikanske GPS, det russiske GLONASS og det kinesiske BeiDou [18].

Hver av disse systemene består av en konstellasjon av satellitter som sender ut signaler til mottakere på bakken. Signalet inneholder informasjon om satellittens posisjon og tid, og GNSS-mottakeren bruker denne informasjonen til å bestemme sin egen posisjon ved hjelp av en prosess som kalles triangulering.

Autonome kjøretøy kan dra nytte av GNSS-teknologien for å bestemme sin posisjon og navigere i sitt operasjonsområde. GNSS-basert posisjonering gir nøyaktig informasjon om kjøretøyets posisjon og bevegelse i havnen, og denne informasjonen kan brukes til å kontrollere kjøretøyets hastighet og retning, samt til å planlegge og utføre optimal rute for kjøretøyet [19].

GNSS-teknologien har også en rekke andre anvendelser i tillegg til å navigere autonome kjøretøy i havner. For eksempel brukes GNSS-teknologi i luftfart for å bestemme flyets posisjon og navigere under landing og avgang, og i skipsfart for å forbedre sikkerheten og effektiviteten til skipstrafikken [20].

Figur 5 ble sendt til gruppen av Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy, og viser et 3D-bilde av ulike kjøretøy som kan være autonome. 3D-bilder kan genereres ved å benytte LiDAR og GNSS teknologi.



Figur 5: 3D-bilde av autonome kjøretøy fra Hive Autonomy.

3.4 Autonome kjøretøy

Autonome kjøretøy er selvkjørende kjøretøy som har potensialet til å ha betydelig innvirkning på ulike bransjer, inkludert transport, logistikk og industri. De autonome kjøretøyene er utstyrt med en rekke sensorer, som Lidar, radar og kameraer, for å oppdage og tolke omgivelsene. Disse sensorene genererer store mengder data, som behandles av AI-algoritmer for å lage et sanntidskart over omgivelsene og for å ta beslutninger om hvordan kjøretøyet skal bevege seg [21]. Dette gjør dem i stand til å operere autonomt, uten behov for menneskelig inngripen. Society of Automotive Engineers (SAE) har utviklet en standard for klassifisering av autonome kjøretøy, som brukes av mange i bransjen, og deles inn i følgende seks nivåer basert på grad av automatisering [22]:

Nivå 0 (ingen automatisering): På dette nivået har kjøretøyet ingen autonome funksjoner, og føreren er ansvarlig for alle aspekter ved kjøringen. Det er ingen automatisering i havneoperasjoner på dette nivået.

Nivå 1 (førerassistanse): På dette nivået har kjøretøyet noen førerassistansesfunksjoner, biler på dette nivået har ofte funksjoner som adaptiv fartsholding eller varsling om filskifte. I havneoperasjoner kan automatisering på nivå 1 omfatte automatisert styring for spesifikke oppgaver, for eksempel parkering eller dokking.

Nivå 2 (delvis automatisering): På dette nivået har kjøretøyet avanserte førerstøttesystemer som kan ta kontroll over noen kjøreoppgaver, som akselerasjon og bremsing, men føreren er fortsatt ansvarlig for å overvåke kjøretøyet og ta kontroll om nødvendig. I havneoperasjoner kan automatisering på nivå 2 omfatte automatisert styring for oppgaver som lasting og lossing av last.

Nivå 3 (betinget automatisering): På dette nivået kan kjøretøyet ta full kontroll over kjøreoppgavene under visse forhold, for eksempel på en motorvei eller i et bestemt område av havnen, men føreren må fortsatt være til stede og kunne ta kontroll om nødvendig. I havneoperasjoner kan automatisering på nivå 3 omfatte autonome kjøretøy som brukes i bestemte områder av havnen, for eksempel lasteområder eller terminaler.

Nivå 4 (høy automatisering): På dette nivået er kjøretøyet fullstendig autonomt under visse kjøreforhold eller i bestemte områder av havnen, men føreren kan fortsatt måtte overta kontrollen i visse situasjoner. I havneoperasjoner kan automatisering på nivå 4 omfatte autonome kjøretøy som brukes til spesifikke oppgaver, for eksempel transport av last mellom ulike deler av havnen.

Nivå 5 (full automatisering): På dette nivået er kjøretøyet fullstendig autonomt under alle kjøreforhold eller i alle områder av havnen, og ingen menneskelig inngripen er nødvendig. I havneoperasjoner kan automatisering på nivå 5 omfatte fullt autonome kjøretøy som brukes til en rekke oppgaver, for eksempel godstransport, terminaloperasjoner og andre oppgaver som krever pålitelige og presise bevegelser.

I havneoperasjoner kan autonome kjøretøy brukes til å transportere last, flytte containere og utføre andre oppgaver som krever presisjon og pålitelighet. Autonome kjøretøy kan også bidra til å redusere risikoen for ulykker og miljøpåvirkning. Autonome kjøretøy kan utveksle data med hverandre og med annen havneinfrastruktur for å optimalisere trafikkflyten, redusere ventetider og kødannelse, og redusere drivstofforbruket og utslippene ved å finne optimale ruter og kjøre med jevn hastighet [23], [24].

Figur 6 viser et 3D-bilde av en lastebil med kamerasymboler, noen mennesker og en konteiner. Figuren er gitt av Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy.



Figur 6: 3D-bilde av autonomt kjøretøy med kamera fra Hive Autonomy.

3.5 Kunstig intelligens

Kunstig intelligens (Artificial Intelligence, AI) er et stort fagområde, og det finnes mange definisjoner på hva som menes med kunstig intelligens. John McCarthy definerer kunstig intelligens slik: “It is the science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs. It is related to the similar task of using computers to understand human intelligence, but AI does not have to confine itself to methods that are biologically observable.” [25].

I bunn handler kunstig intelligens om å løse problemer, ved hjelp av informasjonsteknologi, algoritmer, og robuste datasett. Fagområdet kunstig intelligens består av flere sub-kategorier, blant annet maskinlæring, dyp læring, og datasyn. Når man snakker om kunstig intelligens i dag, er det i stor grad maskinlæring eller dyp læring man egentlig mener [26].

Maskinlæring baserer seg på å imitere hvordan et menneske lærer. Dette ved hjelp av historiske treningsdata til å trene og bygge en modell, og deretter predikere ny data basert på modellen. Etter hver iterasjon, vil algoritmen gradvis gjøre små justeringer, i håp om å få en høyere treffsikkerhet. Det er denne iterative prosessen som imiterer ”læring”.

Det finnes flere ulike typer for maskinlæring. Klassisk maskinlæring er mer avhengig av menneskelig innblanding, og krever ofte eksperter til å manuelt definere trekk (features) for strukturerte data, noe som kan være ganske tidkrevende og komplekst for større datasett [27]. Kunstige nevralt nettverk er inspirert av den menneskelige hjernen, og hvordan biologiske nevroner sender signaler til hverandre. Et kunstig nevralt nettverk består av flere lag med noder; et input lag, en eller flere skjulte lag, og et output lag. Hver node er knyttet til en annen, med justerbare vekter og en terskelverdi. En node blir aktivert dersom input-verdien overstiger terskelen, hvor dataen blir sendt videre til neste lag. Dype nevralt nettverk refereres ofte til nevralt nettverk med flere enn 3 lag [28].

Kunstig intelligens og maskinlæring kan brukes i kombinasjon med en digital tvilling til å modellere og predikere oppførsel til et fysisk objekt som en digital tvilling skal representere. For å oppnå dette, kan det være nødvendig å modularisere en digital tvilling til flere mindre sub-digitale tvillinger som har sin egen funksjonalitet. Dette åpner opp for muligheten til å modellere oppførsel og samarbeid mellom de ulike sub-digitale tvillingene. En trent maskinlæringsmodell kan ekstrahere nyttige mønstre og data, gi assistanse til eksperter og ingeniører ved deteksjon av avvik, samt kjøre predikativ selv-diagnostikk. En høyere grad av treffsikkerhet i en maskinlæringsmodell for en digital tvilling, åpner opp for en dypere kobling mellom oppførsel for et fysisk objekt og en digital tvilling [29].

I et system som bruker digital tvilling, bør maskinlæringsalgoritmene ikke være statiske, men i stedet være justerbare basert på praktiske og dynamiske krav som kan endres mellom ulike miljø og brukere [29].

3.6 Informasjonssikkerhet

Autonome kjøretøy og digital tvilling representerer en betydelig teknologisk fremgang som gir store muligheter for forbedring av effektiviteten og sikkerheten i havneoperasjoner. Denne avanserte teknologien kommer også med nye sikkerhetsutfordringer som må håndteres, og en av de viktigste utfordringene er informasjonssikkerhet.

Informasjonssikkerhet kan defineres som beskyttelse av informasjon fra uautorisert tilgang, bruk, avsløring, ødeleggelse eller modifikasjon [30]. I konteksten av autonome kjøretøy og digital tvilling er informasjonssikkerhet avgjørende for å beskytte sensitive data og systemer fra skadelig aktivitet og feil.

For å opprettholde informasjonssikkerhet er det flere viktige prinsipper som må følges. Disse inkluderer konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet, som vanligvis refereres til som “CIA-triaden”. Konfidensialitet handler om å beskytte informasjon mot uautorisert tilgang, mens integritet handler om å beskytte informasjon mot uautorisert endring eller ødeleggelse. Tilgjengelighet handler om å sikre at informasjonen er tilgjengelig for autoriserte brukere når det er nødvendig [31].

En av de største truslene mot informasjonssikkerheten i autonome kjøretøy og digital tvilling er dataangrep. Autonome kjøretøy og digital tvilling er koblet til et nettverk, noe som gjør dem utsatt for angrep fra aktører som ønsker å få uautorisert tilgang til data og systemer. Dette kan føre til tap av sensitive data, forstyrrelser i driften av autonome kjøretøy, og potensielt farlige situasjoner. Andre trusler kan være svikt i programvare og maskinvare som kan føre til datafeil og tap av data [32], [33].

For å beskytte autonome kjøretøy og digital tvilling mot disse truslene, er det nødvendig med en rekke sikkerhetstiltak. Autentisering og autorisasjon er nødvendig for å sikre at bare autoriserte brukere får tilgang til systemene. Kryptering av data er også viktig for å sikre at data er beskyttet mot uautorisert tilgang. Brannmur og overvåking kan bidra til å oppdage og hindre uautorisert tilgang til systemene. I tillegg kan backup-systemer bidra til å sikre at data kan gjenopprettes i tilfelle av et sikkerhetsbrudd.

En annen viktig faktor for å sikre informasjonssikkerheten i autonome kjøretøy og digital tvilling er sikkerhetstesting. Sikkerhetstesting kan bidra til å identifisere potensielle sikkerhetsrisikoer og svakheter i systemene, og gjøre det mulig å utvikle og implementere sikkerhetstiltak som reduserer risikoen for skade eller tap. Det er viktig å gjennomføre regelmessige sikkerhetstester for å sørge for at systemene forblir beskyttet mot nye trusler og sikkerhetsrisikoer [34].

3.7 Unified Modeling Language - UML

Unified Modeling Language (UML) er et modelleringsspråk bestående av et sett med diagrammer som er utviklet for å støtte system- og programvareutviklere til å konstruere, visualisere og dokumentere programvaresystemer med artefakter. UML benyttes også til forretningsmodellering samt andre programvaresystemer. Videre er UML en viktig metode for å utvikle objektorientert programvare og ulike programvareprosesser. I UML benyttes ofte grafiske notasjoner for å uttrykke utformingen og oppbyggingen til et prosjekt innen programvare. UML bidrar til at utviklingsteam får gode verktøy til kommunikasjon, validere arkitektonisk utforming, og utforske potensielle design av programvaren [35].

3.7.1 UML klassediagram

Klassediagrammer benyttes som teknikk i objektorientert analyse (OOA) og i design (OOD). Klassediagrammer hjelper til med å definere hva slags objekt som trengs etter det er lagt frem spesifikasjoner til krav for modelleringen [36].

Et UML klassediagram oppdager den logiske strukturen til systemet, klassene, og andre ting som utgjør modellen. Modellen er statisk og definerer hva som forekommer og hvilke egenskaper og oppførsel modellen har. I et klassediagram kan det illustreres relasjoner mellom grensesnitt og klasser ved å benytte assosiasjoner, generalisering og aggresjoner til å vise sammenhenger som arv, bruk eller sammensetning [37].

3.7.2 Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon - SOSI

Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon (SOSI) er en standard med et felles regelsett for UML-modellering utgitt av Statens kartverk. Standarden forklarer modellering av tjenester og data fra forretningsmodeller og “use case” med tjenester tilhørende informasjonsmodeller. Standarden har et ambisjonsnivå for at vanlige brukere som modellerer i UML skal ha et tilstrekkelig rammeverk å jobbe etter [38].

3.7.3 Havnedata 3.0

Havnedata-standardens ble utviklet for å møte behovet for enkel tilgang til oppdatert og standardisert informasjon om havner og havnefasiliteter. Standardisering er en nøkkelfaktor i digitaliseringen av havner, og versjon 3.0 av Havnedata-standardens er nå godkjent av standardiseringskomiteen for geomatikk [39].

Standarden inkluderer detaljert geografisk informasjon om havner, kaier og tilhørende objekter som utgjør infrastrukturen i havneområder. Eksempler på objekttyper i standarden inkluderer havneanlegg, kaifront, vannuttak, tilkoblingspunkt for strøm, beredskapsutstyr, sensorer, avfallspunkt, kraner, slipp, fender, fortøyningsinnretninger, tømmestasjon og gjerder. I tillegg dekker standarden reguleringer med geografiske avgrensninger knyttet til havner [40].

3.8 Business Process Model and Notation - BPMN

Business Process Model and Notation (BPMN) er en metode for flytdiagram som modellerer en flyt i en trinnvis prosess definert av et start- og slutt punkt. BPMN viser en detaljert sekvens av ulike aktiviteter og informasjonsflyter som behøves for at en prosess skal gjennomføres. BPMN-diagrammer kan være intuitive og enkle for folk å forstå, da de viser prosessenes flyt visuelt trinn for trinn. BPMN kan videre benyttes for å rette prosessene mot de menneskene som skal implementere prosessen, og gi dem en god forståelse av detaljene slik at en detaljert implementering blir muligjort. BPMN kan benyttes til å utvikle ulike flytdiagrammer av både teknisk og ikke-tekniske typer. Det kan være lettere å forstå et BPMN-diagram enn en utdypende forklarende tekst av prosessen [41].

4 Resultat

Dette kapittelet presenterer hvordan gruppen har tenkt at et autonomt kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetsikring av en digital tvilling. Dette er illustrert med ulike diagrammer som viser sammenhengen mellom de ulike komponentene, hvordan de interagerer med hverandre, og hvordan flyten rundt oppdatering av en digital tvilling kan se ut.

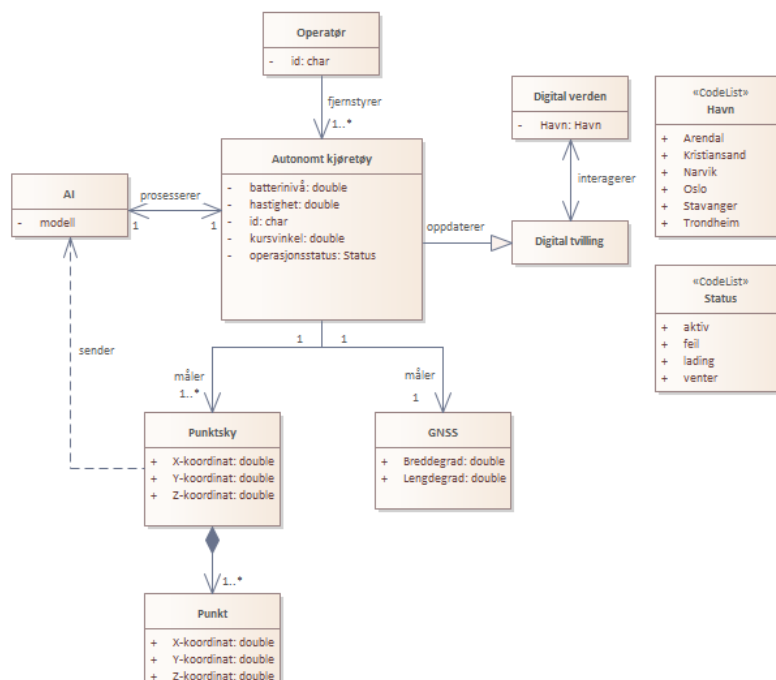
4.1 Diagram

Ulike typer diagrammer ble utformet for å illustrere hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetsikring av en digital tvilling.

4.1.1 UML

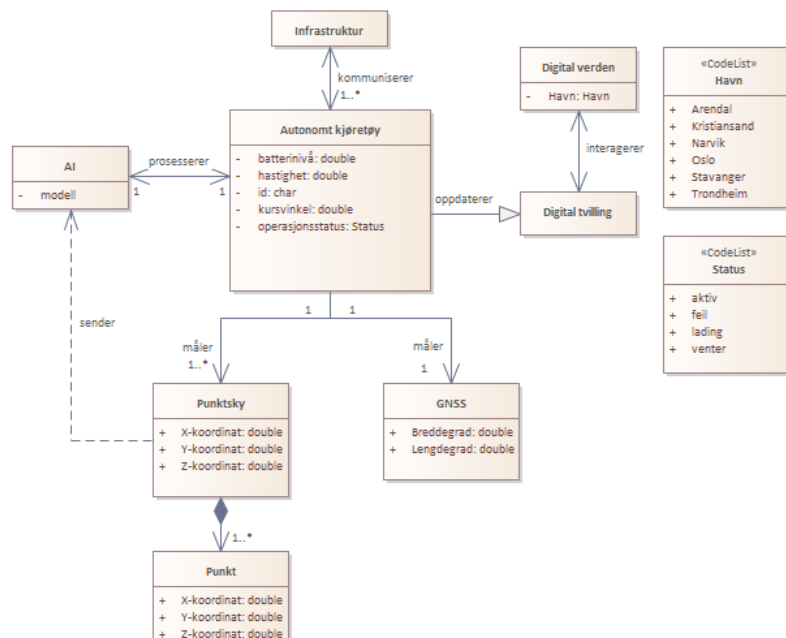
Diagrammene under illustrerer hvordan en digital tvilling kan se ut, og hvordan de ulike komponentene kan kommunisere og interagere med hverandre, ved ulik grad av automatisering gitt ved et spesifikt SAE-nivå. I diagrammene under er det illustrert at den digitale tvillingen er en digital representasjon av det autonome kjøretøyet. Dette kan utvides til andre objekter i en havn, for eksempel båt, konteiner, et cetera.

Figur 7 viser hvordan en digital tvilling kan se ut for et autonomt kjøretøy ved SAE-nivå 3. Ved dette nivået blir en eller flere autonome kjøretøy fjernstyrt av en unik operatør. Det autonome kjøretøyet måler sensordata, som GNSS og LiDAR, og sender dette videre til en AI-komponent som prosesserer, analyserer, og tolker dataen fra sensorene. Statusen til det autonome kjøretøyet vil bli oppdatert i sanntid. Deretter blir den digitale tvillingen for det autonome kjøretøyet oppdatert, og den digitale tvillingen vil videre interagere med en digital verden eller representasjon av en havn.



Figur 7: UML-diagram av digital tvilling for autonomt kjøretøy i havn for SAE-nivå 3.

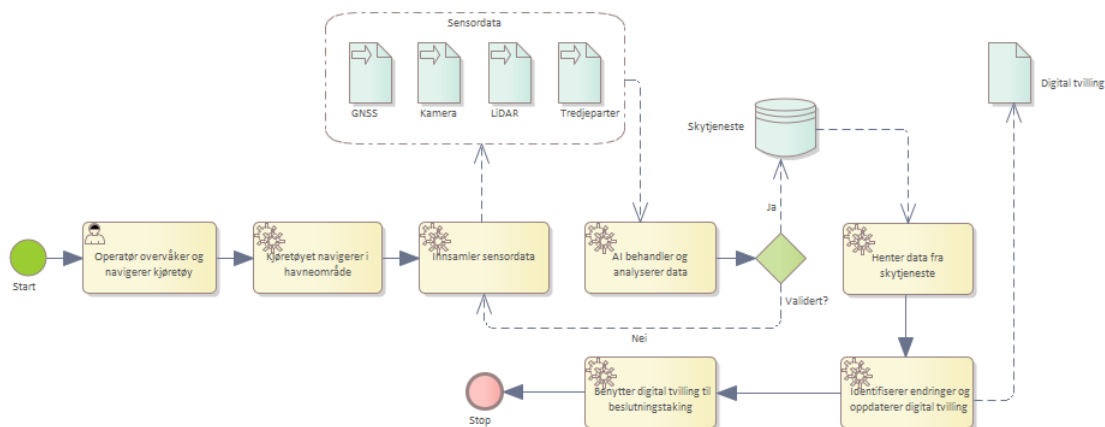
Figur 8 viser hvordan en digital tvilling for et autonomt kjøretøy kan se ut ved SAE-nivå 5. Hovedforskjellen fra figur 7 er utelukkningen av en operatør som fjernstyrer de autonome kjøretøyene. I stedet vil de autonome kjøretøyene navigere autonomt og kommunisere med en infrastruktur som tilrettelegger for autonom kommunikasjon mellom objekter, da også andre autonome kjøretøy. I dagens samfunn har man ikke en slik infrastruktur tilgjengelig, og det vil kreve en stor endring i flere sektorer for at dette skal kunne være en potensiell realitet i fremtiden.



Figur 8: UML-diagram av digital tvilling for autonomt kjøretøy i havn for SAE-nivå 5.

4.1.2 BPMN

Figur 9 viser et BPMN-diagram som illustrerer en mulig løsning for hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetssikring av en digital tvilling. Diagrammet tar for seg en rekke aktiviteter og dataobjekter som beskriver prosessen fra innsamling av sensordata til bruk av digital tvilling for beslutningstaking. Diagrammet er utarbeidet basert på tolkning av teori, og svarene som ble gitt gjennom de kvalitative intervjuene.



Figur 9: BPMN-diagram av autonome kjøretøy og digital tvilling i havn.

Prosessen starter med at en operatør overvåker og navigerer det autonome kjøretøyet i havneområdet. Parallelt navigerer kjøretøyet i havneområdet og samler inn sensordata, som GNSS, kamera, LiDAR og andre tredjepartsdata. Disse innsamlede dataene danner grunnlaget for videre analyse og behandling.

Kunstig intelligens (AI) behandler og analyserer deretter de innsamlede dataene for å identifisere endringer og oppdateringer i havneområdet. AI-systemet validerer den analyserte dataen for å sikre at den er korrekt og nøyaktig. Dersom dataene ikke er validert, går prosessen tilbake til innsamling av sensordata. Hvis dataene derimot er validert, sendes de til en skytjeneste hvor de blir lagret for videre bruk.

Når data er lagret i skytjenesten, hentes de ut for videre behandling. Den neste aktiviteten i prosessen er å identifisere endringer i havneområdet og oppdatere den digitale tvillingen med den nyeste informasjonen. Den oppdaterte digitale tvillingen representerer havneområdet med den mest nøyaktige og oppdaterte informasjonen.

Til slutt benyttes den oppdaterte digitale tvillingen for å ta informerte og datadrevne beslutninger knyttet til havneoperasjoner og logistikk. Denne prosessen sikrer at den digitale tvillingen kontinuerlig oppdateres og kvalitetssikres, noe som øker effektiviteten og nøyaktigheten i beslutningstakingen i havneoperasjoner.

Sammenfattet viser diagrammet en helhetlig prosess for hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetssikring av en digital tvilling. Gjennom denne prosessen blir data samlet inn, analysert og validert, slik at den digitale tvillingen kan oppdateres og brukes effektivt til beslutningstaking i havneoperasjoner.

Et viktig aspekt ved diagrammet er at den eneste aktiviteten som krever menneskelig innblanding er "Operatør overvåker og navigerer kjøretøy". Denne aktiviteten involverer en operatør som overvåker og bistår med navigasjon av det autonome kjøretøyet i havneområdet. Alle andre aktiviteter i prosessen er i teorien automatiserte, noe som betyr at de skal kunne fungere uten direkte menneskelig inngripen. Automatiseringen av prosessen bidrar til økt effektivitet og nøyaktighet, samtidig som den reduserer risikoen for menneskelige feil. Dette understreker hvor viktig det er med en kombinasjon av menneskelig ekspertise og automatiserte systemer for å sikre en pålitelig og effektiv prosess for oppdatering og kvalitetssikring av den digitale tvillingen i havneoperasjoner.

4.2 Kvalitative intervjuer

I forbindelse med problemstillingen om hvordan autonome kjøretøy i havn kan bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling, ble det gjennomført to kvalitative intervjuer. Resultatene fra intervjuene presenteres i sammendrag her, men kan leses i sin helhet i Appendix.

4.2.1 Intervju med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy

I intervjuet med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy, kommer det frem at AI-teknologi kan brukes til å analysere og tolke store mengder data som samles inn av autonome kjøretøy, og dermed forbedre nøyaktigheten av den digitale tvillingen. AI kan bistå med sanntidsrepresentasjon av operasjoner, samt muligheten for å simulere fremtidige endringer. Utfordringer med AI og autonomi inkluderer kompleksiteten i systemene, vanskeligheter med å se helheten i store mengder data, og kontinuerlig løsning av problemer grunnet den unge teknologien.

Datainnsamlingen skjer gjennom flere ulike sensorer som GPS, akselerometer, IMU'er, kameraer, LIDAR, samt data fra tredjeparter som Terminal Operating System (TOS) og adgangssystemer. Dataen lagres hovedsakelig i skyen, og sikres ved hjelp av sertifiserte protokoller og proprietære løsninger. Menneskelig input er nødvendig i tillegg til automatisk behandling av data, ettersom mennesker har det overordnede ansvaret for sikkerheten. Rådata behandles direkte av systemet eller sensoren, og prosessen involverer både generiske systemer og proprietære løsninger.

Kvalitetssikring av datastrømmene skjer gjennom feilsjekking av datastrukturen og algoritmer som forutsier hva som skal skje. Det er vanskelig å angi hvor mange målinger som må til for å oppdatere den digitale tvillingen, ettersom dette varierer fra operasjon til operasjon og system til system. Men feilkilder og feil data i den digitale tvillingen håndteres ved å eliminere menneskelige feil og plukke opp avvik tidlig i prosessen.

Bruk av autonome kjøretøy i havn kan redusere risiko og feil i manuell datainnsamling ved å samle inn og behandle store mengder data, eliminere følgefeil og menneskelige feil, og raskt oppdage avvik. For å unngå menneskelige og maskinelle feil, er det viktig med kontinuerlige kontroller av handlinger og samsvar med data. Systemer bør også være utformet for å eliminere følgefeil og tilpasse seg endringer i sanntid. Tilgjengelighet av dataen håndteres gjennom sertifiserte protokoller og proprietære løsninger, og sikkerheten ivaretas gjennom en kombinasjon av tekniske tiltak og menneskelig ansvar.

Automatisering og digitalisering kan potensielt gi betydelige kostnadsbesparelser i havneoperasjoner. Dette inkluderer redusert nedetid, forlenget levetid for kjøretøy, færre reservekjøretøy, lengre avbetalinger, reduserte operatørkostnader, optimaliserte operasjoner og bedre oversikt over verdikjeden. Kostnadene for oppdateringer og kvalitetssikring av en digital tvilling er avhengig av størrelsen på operasjonen, nivået på den digitale tvillingen og bruksområdet, og det er derfor vanskelig å gi et konkret prisestimat for dette.

Utformingen av en digital tvilling avhenger av brukerens og kundens ønsker, operasjonen, og hva den skal brukes til. De autonome systemene krever ikke nødvendigvis et grafisk grensesnitt, men mennesker bør ha dette for å enklere forstå operasjonen. Hvorvidt det skal utvikles en digital tvilling for en hel havn eller individuelle komponenter, avhenger også av bruksområdet og kundens ønsker. De største begrensningene og utfordringene for autonome kjøretøy i havner inkluderer teknologi over hele verdikjeden, det teknologiske nivå på utstyret, støtte fra leverandører, lovverk og motstand fra ulike interessenter.

Teknologiutviklingen forventes å bli mer robust i årene som kommer. Den vil bli tettere integrert med maskiner og systemer, og det vil være større tiltro til dataene som genereres. Autonome kjøretøy i havner vil kunne påvirke industrien ved å bli en nøkkelkomponent i verdifulle verdikjeder og komplekse intermodale transportsystemer.

4.2.2 Intervju med Knut Jetlund fra NTNU/Kartverket

Knut Jetlund arbeider som teknologiforsker i forskningsprosjekter, og er blant annet involvert i to prosjekter, Modi som fokuserer på en transportkorridor fra Rotterdam til Oslo og et annet med Maritimites opp mot Arendal havn. I intervjuet forteller Jetlund om flere av utfordringene knyttet til automatiserte kjøretøy, inkludert håndtering av ukjente situasjoner, værutfordringer og nøyaktighet i posisjonering med GNSS-utstyr. Det nevnes også problemstillinger rundt ansvar og regelverk ved automatiserte kjøretøy.

Videre diskuteres bruken av Unified Modeling Language (UML) i forbindelse med automatiserte kjøretøy i havn. Her kommer det frem hvordan UML kan benyttes til automatisering av kjøretøy i havner. UML kan blant annet bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling og autonomt kjøretøy ved å gi en entydig beskrivelse av virkeligheten slik at det automatiserte kjøretøyet vet hva det skal forholde seg til. Det ble også nevnt andre metoder for oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling, slik som å benytte sensorer for sammenlikning av det som registreres med det som skal finnes. Eksempelvis kan kjøretøyene laste opp registreringer av skiltplater for å oppdatere sentrale registre ut ifra eventuelle avvik på fartsgrenseskiltene.

I intervjuet diskuteres SAE-nivåer for et prosjekt med automatisert kjøretøy. Jetlund forteller at prosjektet opererer på SAE-nivå 3 for øyeblikket, og at de jobber mot å oppnå SAE-nivå 4. Videre diskuteres det hvordan tidligere arbeidspakker har beskrevet kjøretøyene som autonome. Dette er ikke Jetlund enig i, og han mener at begrepet “autonomi” er et “buzz-word” som er fint å bruke for de som ønsker å selge det. Jetlund anser det som urealistisk å oppnå kjøretøy på SAE-nivå 5 for prosjektet “Norsk Digital Havneinfrastruktur”, og det skyldes at et slikt nivå innebærer kjøretøy som kan kjøre overalt, mens det for dette prosjektet kun er snakk om operasjoner inne på et lukket havneområde.

AI-teknologi kan bidra til å analysere og tolke data samlet inn av automatiserte kjøretøy for å forbedre nøyaktigheten av den digitale tvillingen. Bruk av AI for å oppdatere digital tvilling kan være veldig spennende, og det er mange muligheter. Jetlund nevner blant annet tolkning av punktsky opp imot fasit som en av disse mulighetene. Det finnes også mange utfordringer ved bruk av AI for automatiserte kjøretøy. En av de største er kompleksiteten i sammenlikningen og tolkningen av punktskydata og fasitdata. Spesielt med tanke på den enorme mengden data samt at operasjonen skal generere vektordata i sanntid basert på punktskydata. En annen utfordring ved å utnytte automatiserte kjøretøy i havn er håndtering av ukjente situasjoner og posisjonering. En maskin har en begrenset evne til å forstå en ukjent situasjon sammenlignet med mennesker.

Jetlund forteller at Hive Autonomy er de som sitter på den tekniske delen av prosjektet, mens Kartverket vil fokusere på å tilrettelegge de geografiske dataene. Han forteller videre at kameraer, LiDAR, og annen sensor-teknologi brukes til å samle inn data, og dataene må lagres på en strukturert måte for å være tilgjengelige for operatøren. Dataen må også være standardisert og åpen slik at andre operatører kan bruke dem på samme måte. Dette vil blant annet gjøre at operatører kan sitte på helt andre plasser i verden, men fortsatt ha muligheten til å styre operasjoner i mange norske havner samtidig.

Automatikken vil fjerne mange av de manuelle feilene, og man vil få en mye mer entydig måte å gjøre ting på. På den andre siden derimot, er svakheten til automatikken at den bare forstår det den er opplært til, og den vil dermed gjøre en tolkning ut ifra det. Dette vil være en begrensning, men i utgangspunktet vil det at ting kan gjøres maskinelt være mye sikrere.

Et slikt prosjekt vil gjøre det mulig å utnytte døgnet bedre og optimalisere logistikken ved å bruke automatisering i havneoperasjoner. Automatisering tillater oss å fjerne menneskelig personell fra farlige oppgaver, noe som kan føre til en kostnadsbesparelse i form av økt sikkerhet. Operatører vil i stedet sitte og styre kjøretøyene i trygge omgivelser. For å unngå menneskelige og maskinelle feil, er det viktig å sikre korrekt data og å trene systemene for å forstå alle relevante situasjoner. Jetlund forteller at det vil være en digital tvilling per havn, men at denne digitale tvillingen vil samspille med andre digitale tvillinger, for eksempel for veinettet utenfor havnen og for kystverket. Han tror at automatisering i havner vil vokse, da det er et lukket område med god kontroll og færre uventede situasjoner. Dette vil påvirke industrien ved at jobbene endrer seg og det vil bli mer effektivisering og lavere utslipp og risiko.

5 Diskusjon

I dette kapittelet vil funnene fra de kvalitative intervjuene med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy, og Knut Jetlund fra NTNU og Kartverket, bli diskutert. Diskusjonen er delt opp i ulike tema som omhandler spørsmålene intervjuobjektene ble stilt.

5.1 Autonome kjøretøy

Med autonome kjøretøy, menes det at kjøretøyet er selvkjørende og har oppnådd en grad av full automatisering som innebærer at kjøretøyet er i stand til å driftes, oppdateres, redigeres, samt ha komplette selvbehandlede innstillinger. Definisjonen autonome kjøretøy, knyttes gjerne opp mot SAE-nivå 5, full automatisering. Nivå 5 beskriver kjøretøyet som fullt autonomt under alle kjøreforhold, uten behov for menneskelige input.

I denne oppgaven kommer det frem at det kan være mye som tyder på at bransjen er utsatt for noe forvirring, hva gjelder begrepet autonomt. Aktørene denne oppgaven ble gitt fra, ga selv definisjonen av problemstillingen: *“Hvordan kan autonome kjøretøy i havn bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling?”*. Gruppen av prosjektoppgaven har i ettertid funnet ut at begrepet *“autonome”* burde vert byttet ut med *“automatiserte”*.

Informant Knut Jetlund svarte *“Nei”*[...] på spørsmål 5 fra det kvalitative intervjuet at han ikke er enig i fremstillingen. Tidligere arbeidspakker beskriver kjøretøyene som autonome. Jetlund henviste videre til de fem SAE-nivåene, og forklarte at det som opereres med idag er SAE-nivå 3.

SAE-nivå 3 definerer at kjøretøyet kan ta full kontroll over kjøreoppgavene, men har behov for menneskelige input i form av at fører må være tilstede dersom uforutsette hendelser skulle oppstå.

Informant Jens Petter Haugen bekrefter i intervjuet på spørsmål 18 at:[...] *“Nivå 3 løser en del problematikk, det lærer en del, men det er allikevel et menneske som sitter på toppen og avgjør”*[...]. På spørsmål 17 forteller han videre at: [...] *“Vi går ikke høyere enn nivå 3”*[...].

Jetlund svarer videre på spørsmål 5 at: [...] *“Autonomi er litt sånn “buzz-word” som er fint å bruke for dem som skal selge det, rett og slett altså.”*

På bakgrunn av relevant teori, samt intervju av to eksperter på området hva gjelder Autonomi, vil det derfor være viktig å sørge for at begrepet autonomi forstås i sin helhet av bransjen i fremtiden. Det vil være viktig at autonomi ikke forveksles med de ulike SAE-nivåene. Dette vil kunne skape forvirring og mistillit for ulike kunder som kjøper et produkt som er semi-autonomt (delvis selvstendig), i håp om at produktet er autonomt (fullstendig selvstendig). I denne oppgaven er det mye som kan tyde på at begrepet automatisert heller enn autonomt, bør komme til anvendelse, da automatisert definerer de ulike SAE-nivåene av automatiseringsprosessen.

5.2 Innsamling av data

En digital tvilling benytter måleinstrumenter, sensorer, geometri, metainformasjon, samt matematiske og fysiske modeller til å samle inn data og holde seg oppdatert i sanntid. Det samles inn store datamengder over tid, noe som krever høy prosessorkraft for å anskaffe oppdatert informasjon og oppdage ulike stressende forhold til ulike systemer. Dette gjør at en digital tvilling er essensiell å benytte i autonome systemer.

I kombinasjon med en digital tvilling vil det være nødvendig å benytte tingenes internett (IoT). IoT tar for seg smarte ting som blir automatisert, uten nødvendigvis behov for menneskelige input. Det finnes flere komponenter som er tilkoblet internett på et autonomt kjøretøy. Dette kan være ting som forskjellige kameraer, sensorer, informasjonssystemer og datasystemer. Systemene kan bestå av algoritmer som styres av kunstig intelligens (AI), og som bidrar til innsamling av data fra det autonome kjøretøyet.

En viktig egenskap for autonome kjøretøy, er hvordan de kan bidra til å samle inn data fra havnene. Autonome kjøretøy vil ha flere sensorer som brukes til å danne et nøyaktig bilde av den fysiske havnen med tilhørende objekter. LiDAR benyttes til å lage et digitalt kart av det fysiske området. Dette gjøres ved at LiDAR benytter både GPS-mottaker, skanner og laser i sine sensorer som genererer nøyaktige XYZ koordinater med mer en 1 million punkter i sekundet.

I kombinasjon med LiDAR benyttes også GNSS. GNSS gir nøyaktig posisjon på bakken da den bruker satellitter i verdensrommet. Dette er en teknologi som autonome kjøretøy kan anvende for å navigere og definere sin posisjon i området det skal brukes i.

Utfordring med GNSS, LiDAR og sensorer generelt på autonome kjøretøy kan være at dersom de utsettes for hardt vær som regn, snø eller mye vind, vil dette kunne påvirke kjøretøyets presisjon på en negativ måte. Kjøretøyet kan få unøyaktige målinger, noe som kan gå ut over at det ikke klarer å navigere nøyaktig eller gjenkjenne objekter, mennesker eller dyr.

Et annet fokusområde når det gjelder GNSS, er at det kan av noen tungtransportsjåfører benyttes "jamming" for å skjule hvor lastebilene beveger seg. En jammer vil da kunne stenge alle signaler for andre mottakere innenfor en viss rekkevidde, noe som kan føre til at alle signaler til et autonomt kjøretøy blir blokkert.

For å bidra til trygghet av mennesker og ting i nærheten av det autonome kjøretøyet, vil det være viktig å ha en høy sikkerhet. Det bør utvikles sensorer og systemer som er sikre mot hardt vær, jamming, og andre typer risiko som kan oppstå.

5.3 Lagring og sikring av data

En digital tvilling vil kunne samle inn store datamengder over tid og holde dataene oppdatert i sanntid ved hjelp av å benytte AI-algoritmer. AI benytter videre nevralt nettverk til å behandle dataene. Dataene behandles ved at nodeverdien til det nevralt nettverket aktiveres dersom inputverdien overstiger terskelen, noe som fører til at dataene vil bli vidersendt til det neste laget i nettverket.

Det at autonome kjøretøy og digital tvilling er tilkoblet nettverk, utsetter dem for risiko knyttet til potensielle dataangrep. Slike angrep må dataene beskyttes mot, ved å operette autentisering, autorisasjon, brannmur, og kryptering av dataene. Dette sikrer tilgang kun for autoriserte brukere, noe som reduserer risikoen for uautorisert tilgang.

Det benyttes sertifiserte protokoller som er hemmeligholdt, slik som ble forklart i spørsmål 3 av Jens Petter Haugen. Knut Jetlund forklarte også i spørsmål 8 at generell datasikkerhet bør være utgangspunktet. Videre bør dataen være tilgjengelig slik at kjøretøyene kan styres fra andre havner slik at operatør slipper å sitte i havnen kjøretøyet opereres fra. Dataene skal ikke ligge åpent for hvem som helst da dette har en viss sensitivitet.

Datastrømmene blir kvalitetssikret ved at arkitekter utfører feilsjekking av datastrukturen. Hive Autonomy har et system som inneholder en algoritme som forutser hvilke hendelser som inntreffer. Videre benytter Hive flere krav som er knyttet til datagrunnlaget som systemet handler på og håndterer. Dersom dataen har en feil eller datagrunnlaget ikke inneholder det som er forventet, vil det bli sendt ut en melding i følge Haugen sitt svar på spørsmål 5.

Når det gjelder lagring av data, vil det være viktig at dataen lagres mest mulig strukturert. Jetlund presiserte på spørsmål 8 om hvordan dataen bør lagres at:

“Selvfølgelig så må jo dataen lagres mest mulig strukturert, slik at den kan gjenbrukes på andre plasser, og så må det være tilgjengelig for operatør. Et viktig poeng her er at slik Hive legger opp til det, kan du ha en operatør som sitter på en plass og styrer operasjoner i ulike havner. Du kan teoretisk sett ha en operatør som sitter en helt annen plass i verden og styrer operasjoner i mange norske havner samtidig, og da må jo dataen være strukturert på samme måte i de ulike havnene, og de må være tilgjengelige for denne operatøren da.”

Dataen blir hovedsaklig lagret i skyløsninger. Informant Haugen svarte på spørsmål 3 at: [...] *“Grunnen til det er det enorme mengden med dataen som blir generert. Noe lokal data blir lagret, det har noe med hastigheten å gjøre, slik som deler av cost-mappet på selve kartet. Dette blir lagret lokalt.”*[...].

Rådataene blir behandlet direkte av systemet eller direkte av sensoren. LiDAR har flere millioner punkter i sekundet, og Hive Autonomy benytter flere kameraer som har rådata i full HD, noe Haugen bekreftet i spørsmål 4.

5.4 Analyse og tolkning av data

Å analysere og tolke dataen som samles inn av de autonome kjøretøyene, er en viktig prosess for å sørge for kvalitetsikring og videre bruk av dataen i en digital tvilling. De autonome kjøretøyene samler inn enorme mengder data fra sensorer, kamera, GNSS, og tredjeparter, noe som fører til at en manuell analyse og tolkning av denne dataen vil være ineffektivt og umulig å gjennomføre i praksis. Derfor kan kunstig intelligens og maskinlæringsmodeller benyttes til å bistå med denne prosessen.

Tolkning av punktsky-data fra LiDAR-sensoren opp i mot en fasit er et godt eksempel på dette, da en punktsky inneholder millioner av individuelle datapunkter. Som Knut Jetlund sier i spørsmål 1, kan du ha en [...] *“fasit som kan bestå av vektordata og av punktskydata der du samler inn en punktsky, også skal du bruke den for å kunne tolke hva det er du ser for noe”*[..]. Samtidig kan dette være en utfordring, da det er mye data som skal sammenliknes og tolkes, i tillegg til at generering av vektordata i sanntid vil kreve komplekse operasjoner.

Jens Petter Haugen forteller i spørsmål 1 at bruk av AI [...] *“åpner opp for muligheten til å generere en sanntidsrepresentasjon av en operasjon i en havn.”*[...] og [...] *“Samtidig som du har muligheten for å fore inn med fremtidig simulert data for å kunne klargjøre og tilrettelegge for endringer som kommer.”*[..].

Det vil fremdeles være noen utfordringer knyttet til bruk av AI og autonomi. Maskinlæringsmodeller blir ofte betraktet som en “black-box”, hvor bare det endelige resultatet er synlig, ikke hvordan den kom frem til resultatet. Dette gjør at det kan være vanskelig for en operatør av systemet å se hendelsesforløpet hvis noe går galt, for eksempel at det autonome kjøretøyet kjører ut av vegbanen eller krasjer med andre objekter i havnen. Samtidig kan feilsøking være krevende, spesielt siden det kan være mange ukjente variabler.

Det er viktig at de autonome kjøretøyene klarer å håndtere store mengder datainnsamling fra forskjellige datakilder, og at dette håndteres i sanntid. Samtidig skal de autonome kjøretøyene minimere feilkilder, slik at dataen som sendes inn til en digital tvilling er kvalitetsikret. Bruk av AI og maskinlæring kan være en god løsning for dette, grunnet evnen til å prosessere og simulere data i ulike fremtidige situasjoner, samt generere en sanntidsrepresentasjon av miljøet i en havn.

5.5 Menneskelige og automatiske input

Når det gjelder oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling, vil menneskelige feil kunne unngås ved å sikre et korrekt datagrunnlag og sikre at systemene er trent for å oppfatte relevante situasjoner slik som Knut Jetlund sa i spørsmål 20. Jens Petter Haugen fortalte i spørsmål 5 at: [...] *“Det er en av grunnene til at vi ønsker å digitalisere, for å kvitte oss med menneskelige feil.”*[...].

Det vil likevel være viktig å kvalitets sikre oppdateringen av et autonomt kjøretøy i havn og den digitale tvillingen ved at ansvaret ikke overlates i sin helhet til det autonome kjøretøyet. Dette gjøres ved å involvere en eller flere menneskelige operatører for kjøretøyet, som har hovedansvaret for at oppdateringen og sikkerheten går riktig for seg.

På spørsmål 4 som omhandler hvorvidt oppdateringen av kjøretøyet og den digitale tvillingen trenger menneskelige input, eller om dette skjer automatisk, svarte Haugen at:

“Begge deler trengs. En av grunnene til menneskelige input er at mennesker har ansvar, det er de som er den øverste sikkerheten. Grunnet mengden dataen som kommer, er det ganske naturlig at systemer tar seg av det aller meste av oppdateringen og behandlingen av dataen. Det er derimot noen datasett som er utenfor systemet, der hvis systemet ikke er integrert med det, eller at det ikke har muligheten, eller ikke har plukket opp, så kan mennesker komme inn i å gi data.”

Det vil imidlertid være vanskelig å håndtere feilkilder og feil data i den digitale tvillingen dersom dette gjøres av mennesker eller tredjepart. Grunnen for dette er at systemet oppdateres fort, samtidig som det samler inn store mengder data. Dette er en av grunnene til at bransjen ønsker å digitalisere, slik at menneskelige feil kan unngås og risikoer for at noe uforutsett skal skje reduseres. En annen viktig del med automatiseringen er at autonomi og digitaliseringen har som styrke å eliminere følgefeil, og bidrar til at feilene oppdages tidlig i prosessen.

Videre på spørsmål 5 om hvordan man håndterer feilkilder og feildata i den digitale tvillingen, svarte Haugen at:

[...] *“Eliminering av følgefeil er en av styrkene til autonomi og digitalisering, man får plukket opp feilene tidlig. Det er vanskelig for en feil forplanter seg langt gjennom et autonomt system.”*

5.6 Informasjonssikkerhet

Informasjonssikkerheten er som nevnt tidligere en kritisk faktor når det gjelder autonome kjøretøy og digital tvilling. Samtidig som teknologien åpner for økt effektivitet og sikkerhet i havneoperasjoner, introduserer den nye sikkerhetsutfordringer som hele tiden må håndteres. For å beskytte sensitive data og systemer fra skadelig aktivitet og feil, må informasjonssikkerheten ivaretas gjennom en rekke tiltak og prinsipper, der konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet er hovedfokus.

Intervjuene avdekker at prosjektet benytter seg av nasjonale og internasjonale standarder, som ISO og IEC, samt ulike kommunikasjonsprotokoller og krypteringsteknologi for å beskytte informasjonen. Jens Petter Haugen viser imidlertid en viss tilbakeholdenhet med å dele detaljer om sikkerhetstiltakene som er på plass, fra spørsmål 8 kommer det frem at: [...] *“noe av sikkerheten vår er knyttet til IP’en vår, så det er ikke nødvendigvis noe som er veldig ønskelig å prate om.”*[...], noe som er naturlig ettersom dette er informasjon som potensielt kan brukes av angripere eller andre med uønskede interesser. Det indikerer også at informasjonssikkerhet er et sensitivt og viktig tema for aktørene i prosjektet.

Haugen forteller videre i spørsmål 8 og 9 at [...] *“Vi lener oss mot noen ISO- og IEC-standarder knyttet til autonomi, maskin, feilsøking, og risikoanalyse, styresystemer blant annet. Samt at vi har protokoller vi bruker for å ivareta sikkerheten.”*[...] og [...] *“Vi bruker også veldig anerkjente skyløsninger for lagring, så selvfølgelig, dersom de blir angrepet, er det lite vi kan gjøre med det. Dataforbindelsen opp til disse skyløsningene, er blant de sikreste som finnes der ute.”*[...]

Grunnet rollen til Knut Jetlund i dette prosjektet har han lite innsikt i tiltakene som gjøres med tanke på å ivareta informasjonssikkerheten og beskytte dataen, men forteller i spørsmål 13 at dette er noe de skal jobbe med gjennom prosjektet: *“Det kjenner jeg veldig lite til foreløpig altså. Som sagt, det er ting vi skal jobbe med gjennom prosjektet rett og slett.”*

Et mulig tiltak for å bidra til å opprettholde informasjonssikkerheten og sikre kvalitetssikring av data, er å gjennomføre jevnlig sikkerhetstester. Gjennom sikkerhetstesting kan potensielle sikkerhetsrisikoer og svakheter i systemene identifiseres, noe som gjør det mulig å utvikle og implementere sikkerhetstiltak som reduserer risikoen for skade eller tap. Dette vil være spesielt viktig for å sikre at datainnsamling, overføring og oppdatering av den digitale tvillingen skjer på en sikker og pålitelig måte.

I intervjuet med Haugen forteller han i spørsmål 9: [...] *“Det er jo en del kommunikasjonsprotokoller og interne protokoller som har god kryptering knyttet til seg.”*[...]. Kryptering av data som sendes mellom kjøretøyene og den digitale tvillingen er viktig for å sikre at informasjonen er beskyttet mot uautorisert tilgang og dermed opprettholde kvalitetssikring av den digitale tvillingen.

Til slutt vil det være viktig at prosjektet har tiltak som håndterer autentisering og autorisasjon. Dette vil være viktig for å sikre at kun autoriserte brukere får tilgang til dataene som samles inn av de autonome kjøretøy i havnen og brukes til å oppdatere den digitale tvillingen. Dette bidrar til å opprettholde integriteten til den digitale tvillingen og sikre at den representerer den fysiske virkeligheten på en nøyaktig og sikker måte.

5.7 Økonomi

En annen viktig del ved automatiseringen av kjøretøy og havner er hvordan dette vil være kostnadsbesparende samtidig som at det bidrar til kvalitetssikring. Det er flere ting som trekkes frem som kostnadsbesparende av informantene. Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy trekker blant annet frem at automatisering vil tillate at arbeid i en havn kan foregå hele døgnet rundt, og sier i spørsmål 10 at: [...] *“Hvis vi begynner med kjøretøy, så får du redusert nedetid på grunn av optimalisert bruk”*[...].

Det kommer også frem av intervjuene at andre kostnadsbesparende aspekter vil være at personell fra farlige situasjoner elimineres, og dermed skaper en tryggere arbeidsplass for de ansatte. Knut Jetlund konstaterte i spørsmål 15 at: [...] *“Og en kostnadsbesparelse i form av sikkerhet ved at du fjerner personell fra farlige oppgaver ved at det er kjøretøyene som utfører de farlige oppgavene”*[...].

Det vil også være en markant nedgang i bruk av elektrisitet og drivstoff som følge av bruken av autonome kjøretøy. Til slutt ble det også trukket frem av Haugen i spørsmål 10 at dersom store deler av den daglige driften blir automatisert, vil dette føre til at man kan ha en større andel av arbeidsstaben i jobber som har høyere verdiskapning. Automatisering av kjøretøy og havner gir dermed en rekke fordeler som bidrar til økt effektivitet, sikkerhet og kostnadsbesparelser.

6 Videre arbeid

I oppgaven er det utformet et forslag til hvordan en digital tvilling av et autonomt kjøretøy kan se ut. Det er dog ikke presentert noe forslag til hvordan en digital tvilling av andre objekter i en havn kan se ut. Videre arbeid vil kunne være å utforske en standardisering for utforming av en digital tvilling, og implementere en digital tvilling for de ønskede objektene som kreves for en digitalisering av havnesektoren.

I UML-diagrammene fra kapittel 4, er det illustrert en komponent som heter “Digital verden”, som vil være en digital representasjon av en havn. Videre arbeid rundt dette vil være å utforske hvordan de digitale tvillingene kan interagere og kommunisere med den digitale verdenen. Det er også mulighet for å implementere standardiseringer for en tiltenkt “digital verden”, slik at dette kan benyttes til å representere andre havner, både i Norge, men også internasjonalt.

Det vil også være interessant å se på bruk av “Havnedata 3.0”, som vist til i kapittel 3.7.3, og hvordan dette kan kombineres med sensordataene fra de autonome kjøretøyene til Hive Autonomy. LiDAR og GNSS kan for eksempel brukes til å definere ulike grenser i en havn. I UML-modellen til “Havnedata 3.0” [42], vil dette være «FeatureType» for “LastbegrensningsområdeGrense”, “KaiområdeGrense”, og “HavneanleggGrense”.

De autonome kjøretøyene i havnen vil være begrenset til SAE-nivå 3, hvor det er nødvendig med menneskelig input. Fjernstyring av de autonome kjøretøyene vil være realiserbart med dagens infrastruktur og teknologi, og videre arbeid kan være å utvide dette til at én operatør i en havn kan kontrollere og navigere flere autonome kjøretøy samtidig.

Videre arbeid kan fokusere på å implementere og vedlikeholde en omfattende sikkerhetspolicy for det autonome systemet og de relevante prosessene. Policyen bør omfatte tiltak for konfidensialitet, integritet, tilgjengelighet, og inneholde retningslinjer for hvordan man håndterer ulike sikkerhetsbrudd og krisesituasjoner. Det kan også være nyttig å utføre regelmessige sikkerhets- og risikovurderinger for å identifisere og håndtere potensielle trusler og sårbarheter i systemet.

7 Konklusjon

Autonomi er et begrep som ofte kan misbrukes, gjerne som et “buzz-word”, da begrepet “autonome kjøretøy” ofte betraktes som helautonome kjøretøy som kjører av seg selv, uten noen form for menneskelig styring eller kontroll. Dette refereres som SAE-nivå 5 innen grad av autonomi og krever en stor endring innen dagens infrastruktur, noe som ikke ser ut til å være oppnåelig i nærmeste fremtid. Det er da heller tenkt at begrepet “autonome kjøretøy” i oppgaven, refererer til SAE-nivå 3. Dette nivået krever fremdeles menneskelig input, som for eksempel fjernstyring, noe som er mer realistisk med dagens teknologi og infrastruktur.

Bruken av autonome kjøretøy reduserer feilkilder og risiko for farer til mennesker i en havn. Dette kan oppnås ved å fjerne mennesker fra potensielle farlige situasjoner, og i stedet ha menneskelige operatører som fjernstyrer de autonome kjøretøyene i en havn. Det er også mulighet for å ha autonome kjøretøy kjørende på natten, eller eventuelt 24 timer i døgnet, noe som vil øke effektiviteten betraktelig.

Ved digitalisering av havnesektoren, og bruken av digital tvilling i havn, er det viktig å sørge for at kommunikasjonen og dataflyten mellom de ulike komponentene er kvalitetsikret og oppdatert. Bruken av autonome kjøretøy i havn, sammen med kunstig intelligens og maskinlæringsmodeller, sørger for at innsamlingen av enorme mengder sensordata, som LiDAR, GNSS, kamera og data fra tredjeparter, kan gjøres i sanntid. Etter kvalitetsikring av dataen, og etter at dataen er lagret i en skytjeneste, kan en digital tvilling oppdateres med den nye informasjonen.

Prosjektet benytter nasjonale og internasjonale standarder, ulike kommunikasjonsprotokoller og krypteringsteknologi for å beskytte informasjonen. Sikkerhetstesting kan identifisere potensielle sikkerhetsrisikoer og svakheter i systemene, og det kan utvikles og implementeres sikkerhetstiltak som reduserer risikoen for skade eller tap. Kryptering av data og håndtering av autentisering og autorisasjon er også viktige tiltak for å opprettholde integriteten til den digitale tvillingen og sikre at den representerer den fysiske virkeligheten på en nøyaktig og sikker måte.

Det er viktig å erkjenne at informasjonssikkerhet er et sensitivt og viktig tema for aktørene i prosjektet, og det er derfor naturlig at det er en viss tilbakeholdenhet med å dele detaljer om sikkerhetstiltakene som er på plass. Det vil imidlertid være viktig å gjennomføre regelmessige sikkerhetstester og implementere tiltak som kan bidra til å opprettholde informasjonssikkerheten og sikre kvalitetssikring av data.

Det er gitt et utkast til hvordan en digital tvilling av et autonomt kjøretøy kan se ut, samt hvordan den kan kommunisere og interagere med andre komponenter, men spesifikke detaljer rundt praktisk implementasjon av dette er ikke presentert i oppgaven. Den digitale tvillingen kan erstattes eller utvides til andre objekter i en havn, for eksempel en båt, kontainer, et cetera. Dette er avhengig av hvordan det er ønskelig at digitaliseringen av havneområdet skal se ut, og hvilke objekter det er ønskelig å representere som en digital tvilling i en digital verden.

Referanseliste

- [1] O. Havn, *18 millioner i støtte til digitalisering*, no. [Online]. Available: <https://www.oslohavn.no/no/aktuelt/18-millioner-i-stotte-til-digitalisering/> (visited on 16th Apr. 2023).
- [2] *Norsk digital havneinfrastruktur*, en. [Online]. Available: <https://www.digitalhavneinfrastruktur.no/> (visited on 16th Apr. 2023).
- [3] NTNU. ‘Eksperter i team’. (), [Online]. Available: <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Eksperter+i+team> (visited on 15th Apr. 2023).
- [4] F. Timmins and C. McCabe, ‘How to conduct an effective literature search’, *Nursing standard*, vol. 20, no. 11, pp. 41–47, 2005.
- [5] O. Dalland, ‘Metode og oppgaveskriving: Gyldendal norsk forlag as’, *Utgave. Oslo*, 2017.
- [6] N. I. i samfunnsvitenskapelig metode, *Hva er et kvalitativt forskningsintervju?*, YouTube, Hentet fra <https://www.youtube.com/watch?v=iUGqzwyrsR4>, 2018.
- [7] S. D. og Sidsel Ellingsen. ‘Å skape data fra kvalitativt forskningsintervju’. (), [Online]. Available: <https://sykepleien.no/forskning/2011/02/skape-data-fra-kvalitativt-forskningsintervju> (visited on 19th Mar. 2023).
- [8] U. I. OSLO. ‘Kvalitative intervjuer og observasjon’. (), [Online]. Available: <https://www.uio.no/studier/emner/jus/afin/FINF4002/v12/Metode.kval.intervjuer.pdf> (visited on 19th Mar. 2023).
- [9] S. N. LEKSIKON. ‘Bias i forskning’. (), [Online]. Available: https://snl.no/bias_i_forskning (visited on 19th Mar. 2023).
- [10] S. Systems. ‘Enterprise architect’. (), [Online]. Available: <https://sparxsystems.com/products/ea/> (visited on 14th Apr. 2023).
- [11] SINTEF. ‘Digital tvilling’. (), [Online]. Available: <https://www.sintef.no/fagomrader/digitale-tvillinger-og-mixed-reality/> (visited on 11th Mar. 2023).
- [12] Tekna. ‘Helt enkelt: Hva er en digital tvilling – og hva kan den brukes til?’ (), [Online]. Available: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/helt-enkelt-hva-er-en-digital-tvilling--og-hva-kan-den-brukes-til/> (visited on 12th Mar. 2023).
- [13] R. Minerva, G. M. Lee and N. Crespi, ‘Digital twin in the iot context: A survey on technical features, scenarios, and architectural models’, *Proceedings of the IEEE*, vol. 108, no. 10, pp. 1785–1824, 2020.
- [14] Teknologirådet. ‘Hva er tingenes internett?’ (), [Online]. Available: <https://teknologiradet.no/hva-er-tingenes-internett/> (visited on 12th Mar. 2023).
- [15] N. Oceanic and A. Administration, *What is LIDAR?* [Online]. Available: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> (visited on 14th Mar. 2023).
- [16] S. Barnea and S. Filin, ‘Extraction of objects from terrestrial laser scans by integrating geometry image and intensity data with demonstration on trees’, *Remote Sensing*, vol. 4, no. 1, pp. 88–110, 2012, ISSN: 2072-4292. DOI: 10.3390/rs4010088. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2072-4292/4/1/88>.
- [17] G. Popa, M.-A. Gheți, E. Tudor, I. Vasile and I.-C. Sburlan, ‘Experimental study regarding long range lidar capabilities in sensing safety distance for vehicle application’, *Sensors*, vol. 22, no. 15, 2022, ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s22155731. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5731>.
- [18] E. G. Agency, *What is GNSS?*, en, Dec. 2021. [Online]. Available: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss> (visited on 20th Mar. 2023).
- [19] M. Á. de Miguel, F. García and J. M. Armingol, ‘Improved LiDAR Probabilistic Localization for Autonomous Vehicles Using GNSS’, en, *Sensors*, vol. 20, no. 11, p. 3145, Jan. 2020, Number: 11 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s20113145. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/11/3145> (visited on 20th Mar. 2023).

-
- [20] C. J. Hegarty and E. Chatre, ‘Evolution of the Global Navigation Satellite System (GNSS)’, *Proceedings of the IEEE*, vol. 96, no. 12, pp. 1902–1917, Dec. 2008, Conference Name: Proceedings of the IEEE, ISSN: 1558-2256. DOI: 10.1109/JPROC.2008.2006090.
- [21] S. Campbell, N. O’Mahony, L. Krpalcova *et al.*, ‘Sensor Technology in Autonomous Vehicles : A review’, in *2018 29th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*, Jun. 2018, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ISSC.2018.8585340.
- [22] S. International, *J3016_202104: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles - SAE International*, Apr. 2021. [Online]. Available: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (visited on 23rd Mar. 2023).
- [23] P. Kopelias, E. Demiridi, K. Vogiatzis, A. Skabardonis and V. Zafiropoulou, ‘Connected & autonomous vehicles – Environmental impacts – A review’, en, *Science of The Total Environment*, vol. 712, p. 135 237, Apr. 2020, ISSN: 0048-9697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135237. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719352295> (visited on 23rd Mar. 2023).
- [24] H. Flämig, ‘Autonomous Vehicles and Autonomous Driving in Freight Transport’, en, in *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz and H. Winner, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer, 2016, pp. 365–385, ISBN: 978-3-662-48847-8. DOI: 10.1007/978-3-662-48847-8_18. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_18 (visited on 23rd Mar. 2023).
- [25] J. McCarthy, *What is Artificial Intelligence?*, 2007. [Online]. Available: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>.
- [26] IBM, *What is artificial intelligence?* [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence> (visited on 21st Mar. 2023).
- [27] IBM, *What is machine learning?* [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/machine-learning> (visited on 21st Mar. 2023).
- [28] IBM, *What is neural networks?* [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (visited on 21st Mar. 2023).
- [29] F. Mostafa, L. Tao and W. Yu, ‘An effective architecture of digital twin system to support human decision making and AI-driven autonomy’, eng, *Concurrency and computation*, vol. 33, no. 19, n/a, 2021, Place: Hoboken Publisher: Wiley Subscription Services, Inc, ISSN: 1532-0626. DOI: 10.1002/cpe.6111.
- [30] 14:00-17:00, *ISO/IEC 27001:2022*, en, Feb. 2023. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/82875.html> (visited on 21st Mar. 2023).
- [31] M. E. Whitman and H. J. Mattord, *Principles of Information Security*, en. Cengage Learning, Jul. 2021, Google-Books-ID: Hwk1EAAAQBAJ, ISBN: 978-0-357-50656-1.
- [32] K. Kim, J. S. Kim, S. Jeong, J.-H. Park and H. K. Kim, ‘Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense’, en, *Computers & Security*, vol. 103, p. 102 150, Apr. 2021, ISSN: 0167-4048. DOI: 10.1016/j.cose.2020.102150. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404820304235> (visited on 21st Mar. 2023).
- [33] E. Yağdereli, C. Gemci and A. Z. Aktaş, ‘A study on cyber-security of autonomous and unmanned vehicles’, *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, vol. 12, no. 4, pp. 369–381, Oct. 2015, Publisher: SAGE Publications, ISSN: 1548-5129. DOI: 10.1177/1548512915575803. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/1548512915575803> (visited on 21st Mar. 2023).
- [34] Y. Stefinko, A. Piskozub and R. Banakh, ‘Manual and automated penetration testing. Benefits and drawbacks. Modern tendency’, in *2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Feb. 2016, pp. 488–491. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452095.
- [35] V. Paradigm. ‘What is unified modeling language (uml)?’ (), [Online]. Available: <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/what-is-uml/> (visited on 14th Apr. 2023).
- [36] S. Guttorm. ‘En rask introduksjon til uml’. (), [Online]. Available: <https://www.ntnu.no/wiki/display/tdt4140/En+rask+introduksjon+til+UML> (visited on 14th Apr. 2023).
-

-
- [37] S. Systems. ‘Class diagram’. (), [Online]. Available: https://sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/15.2/model_domains/classdiagram.html (visited on 14th Apr. 2023).
- [38] Kartverket. ‘Sosi generell del regler for uml-modellering’. (), [Online]. Available: <https://kartverket.no/globalassets/geodataarbeid/standardisering/standarder/sosi-del-1-generell-del/regler-for-uml-modellering-5.1-sosi-generell-del.pdf> (visited on 14th Apr. 2023).
- [39] Kartverket, *Ny versjon av hamnedata-standard*, nn-NO, Mar. 2023. [Online]. Available: <https://kartverket.no/geodataarbeid/havnedata/ny-versjon-av-hamnedata-standard> (visited on 19th Apr. 2023).
- [40] Kartverket, *SOSI Havnedata 3.0*, nb-NO, Nov. 2022. [Online]. Available: <https://kartverket.no/geodataarbeid/standardisering/prosjekter-og-horinger/sosi-havnedata-3.0> (visited on 19th Apr. 2023).
- [41] Lucidchart. ‘What is business process modeling notation’. (), [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/bpmn> (visited on 14th Apr. 2023).
- [42] Kartverket, *Havnedata 3.0*. [Online]. Available: <https://sosi.geonorge.no/uml-modeller/sosi-del-3-produktspesifikasjoner/Havnedata/3.0/> (visited on 19th Apr. 2023).

Appendix

A Kvalitativt intervju Hive Autonomy-Jens Petter Haugen

Det ble gjennomført et kvalitativt intervju med Jens Petter Haugen fra Hive Autonomy fredag 24.03.2023 klokken 11:00-12:00. Tilstede på intervjuet var: Jens Petter Haugen, Stig Morten Lyse, Magnus Nordahl og Thomas Nyrem Eilifsen. Intervjuet ble transkribert med direkte sitering etter opptak godkjent av Jens Petter Haugen. Deretter ble intervjuet med transkribering sendt til Jens Petter Haugen for godkjenning, og ble godkjent torsdag 20.03.2023 klokken 09:54. Videre ble det gitt tillatelse til at informanten Jens Petter Haugen sto frem offentlig uten anonymisering.

Kunstig intelligens (AI)

1. Hvordan kan AI-teknologi brukes til å analysere og tolke dataene som samles inn av autonome kjøretøy og bidra til å forbedre nøyaktigheten av den digitale tvillingen?

“Det er litt som jeg har skrevet til dere og. Det som er med en operasjon spesielt når man begynner med AI-teknologi, og på autonome kjøretøy så er det enorme mengder med data som kommer inn. Du har data i fra flere kilder, du har posisjonerings-data, du har LIDAR-data, du har Kamera-data, du har data fra tredjeparter, og når jeg sier data fra tredjeparter så kan det være Terminal Operating System (TOS). Det kan være et worklist, det kan være et adgangssystem. All denne dataen må behandles på et sett og vis, og der kan AI'en bistå og hjelpe ganske godt. Den gir også en sanntidsrepresentasjon av hele sighten din, hvordan er operasjonen din i dette gitte øyeblikk. Samtidig som du har muligheten til å fore inn med fremtidig simulert data for å kunne klargjøre og tilrettelegge for endringer som kommer. Så det er jo grunnsvaret, det er jo det at man har muligheten til å prosessere enorme mengder med data, fort og ganske nøyaktig uten feil.“

2. Hvilke utfordringer kan/har oppstå(tt) med bruk av AI hos dere hittil i dag/ hvilke problemer må løses rundt denne tematikken?

“Utfordringer med AI og autonomi er at det er veldig komplekse systemer. Som sagt er det enorme mengder data, det kan være vanskelig å se helheten i et bilde i et AI når det er såpass mye data for mennesker. Det er derfor vi ønsker å bruke data og AI, det er jo for å behandle all den dataen her. Når vi pusher på såpass ung teknologi som vi gjør gjennom AI og autonomi, så kan det være litt vanskelig med å se hendelsesforløpet i en operasjon, spesielt hvis det er knyttet til feil på grunn av mange variabler og begrenset med feedback fra en del av systemet. Feilsøking og det å lage en robusthet knyttet til simulering kan være krevende. Problemer som må løses i denne tematikken løses fortløpende når det er såpass ungt. Det er en av utfordringene med å være en spydspiss, du vil alltid være borti interessante problemer. Vi ser at det er veldig mye samspill i miljøene som er knyttet til AI og autonomi for å løse de problemene man ser.”

Datainnsamling

3. Hvilke typer sensorer brukes for å samle inn data fra havnen og hva slags data samles inn?

“Vi bruker flere sensorer, alt i fra GPS, til akselerometer, IMU’er, kameraer, LIDAR. Vi bruker også en del tredjeparter, det kan være feedback fra kjøretøy. Fra eksisterende PLS’er, PLC’er. Noen tredjeparter har kartverkets sin korreksjonsdata for eksempel. Det bruker vi.”

- Hvordan blir denne dataen lagret?

“Hovedsakelig skyløsninger. Grunnen til det er den enorme mengden med dataen som blir generert. Noe lokal data blir lagret, det har noe med hastigheten å gjøre, slik som deler av cost-mappet på selve kartet. Dette blir lagret lokalt.”

- Hvordan blir lagringen av dataen sikret?

“Der bruker vi en del sertifiserte protokoller som vi ikke nødvendigvis ønsker å utdype. Dette har noe med datasikkerheten vår, samtidig som deler av IP’en vår baserer seg på.”

4. For å oppdatere kjøretøyet og den digitale tvillingen, trengs det menneskelige input eller skjer alt dette automatisk?

“Begge deler trengs. En av grunnene til menneskelige input er at mennesker har ansvar, det er de som er den øverste sikkerheten. Grunnet mengden dataen som kommer, er det ganske naturlig at systemer tar seg av det aller meste av oppdateringen og behandlingen av dataen. Det er derimot noen datasett som er utenfor systemet, der hvis systemet ikke er integrert med det, eller at det ikke har muligheten, eller ikke har plukket opp, så kan mennesker komme inn og gi data.”

- Blir rådataene behandlet automatisk ved hjelp av Lidar eller GNSS, eller kreves det menneskelig behandling og “finpuss” av disse rådataene?

“Rådataen generelt sett blir behandlet direkte av systemet, eventuelt direkte av sensoren. LIDAR’en, som jeg nevner litt senere, har mange millioner punkter i sekundet. Vi har en håndfull kameraer som kommer med rådata i full HD, så dersom mennesker skulle behandlet eller finpusset dette, så hadde systemet aldri kunnet gått fremover.”

- Hva er prosedyren/prosessen for dette?

“Vi bruker noen generiske systemer og løsninger fra leverandører, og så har vi noe proprietært. Dette er veldig knyttet til IP’en vår, så det er ikke nødvendigvis noe jeg ønsker å utdype så veldig mye. Jeg kan si såpass at mange leverandører av sensorikk og prosessorkraft har mye bra eget.”

5. Hvordan sørger dere for at datastrømmene blir kvalitetssikret?

“Vi har en del protokoller for arkitektene våre som driver en del feilsjekkning av datastrukturen. Systemet vårt har også en algoritme som forutser hva som skal skje. Det sier seg selv at hvis man svinger til høyre, og hjulene går mot venstre, og kjøretøyet flytter feil på seg, så får man en del interessante utfall, og systemet vil reagere på det. Samtidig har vi en del krav knyttet til datagrunnlag, som systemet vårt skal håndtere eller ha en aksjon på. Hvis det er en feil i dataen, og datagrunnlaget ikke er i henhold til det som er forventet, vil det komme en melding.”

-
- Hvor mange målinger må til før den digitale tvillingen skal bli oppdatert?

“Her må dere nesten utdype litt, men det er veldig vanskelig å si ettersom digital tvilling er et veldig vidt begrep. Kravene, nøyaktigheten, størrelsen, og detaljorientering knyttet til en digital tvilling varierer veldig fra operasjon til operasjon, system til system, samt bruksområde. Er det mennesker som skal håndtere eller jobbe med den digitale tvillingen, eller er dette et autonomt system. La oss si at man skal kjøre rundt en konteiner, hvis det er sånn at man ønsker å oppdatere hva det er som er infrastrukturen, vil det komme helt an på hvor fort man kjører, men man risikerer et sted mellom hundretusen og én milliard lesninger på denne enkle tingen. Det står dermed litt og faller på hva dere ønsker å bruke det til. Det er veldig sjeldent at vi lar mennesker gå inn og endre den digitale tvillingen. Da velger vi heller systemet, og bruker det. Det har noe med datastrømmen og kvalitetssikring å gjøre.”

- Hvordan håndterer man feilkilder og feildata i den digitale tvillingen?

“Det kommer veldig an på hvordan data det er snakk om. Her kan dere gjerne utdype litt dersom svaret mitt ikke er godt nok. Dersom det kommer fra tredjepart, eller menneskelig input er det vanskelig å feilsøke eller håndtere de feilene. Det er en av grunnene til at vi ønsker å digitalisere, for å kvitte oss med menneskelige feil. Som sagt, så oppdaterer systemet seg veldig fort, og samler inn fryktelig mye data, så hvis man har avvik vil dette systemet plukke tak i det. I arbeidslisten på shipping manifesterer i TOS i adgangskontrollen er det et forventet utfall, det er forventet hvilke kjøretøy som skal komme, hvilken konteiner som skal plukkes, hvor ting skal være ut ifra hva systemet har plukket opp, så dersom det er avvik her så får vi sjekket dette. Eliminering av følgefeil er en av styrkene til autonomi og digitalisering, man får plukket opp feilene tidlig. Det er vanskelig for at en feil forplanter seg langt gjennom et autonomt system.”

6. Hvordan kan bruk av autonome kjøretøy i havn bidra til å redusere risiko og feil som kan oppstå i manuell datainnsamling?

“Som nevnt tidligere så henter de veldig mye data, og behandler fryktelige mye data. Jo mer data du tillater systemet ditt å få, jo mer følgefeil og menneskelige feil eliminerer du. Så det kommer litt an på hvor langt du er villig til å la et digitalt system komme inn i operasjonen din. Som sagt samler det inn fryktelige mye data i sanntid fra veldig mange kilder som ville vært umulig for mennesker å behandle i det tidsperspektivet vi prater om her.”

7. Hvordan skal tilgjengelighet av dataen håndteres?

“Det kommer litt an på hva dere mener, men hvis dere ser så har vi litt rådata fra sensorikken, det er det vi som styrer, den er ikke nødvendigvis veldig verdifull for kunden. Vi har noe systemdata som de ønsker å bruke, det er knyttet til systemet sin helse, og systemet sin operasjon. Det er nødvendigvis heller ikke viktig for kunden, men viktig for vår logging. All den dataen vi henter kan settes businesslogikk på, det kommer litt an på hvilken data som er brukt her, men det er verdifullt for både oss med tanke på å utbedre eksisterende og fremtidige tjenester, samtidig som at den er veldig interessant for kunden med tanke på eksisterende operasjon.”

- Skal dette være åpent eller lukket?

“Hovedsakelig lukket, dette med tanke på at kunden betaler gode penger for vårt system, og store deler av verdien i et digitalt autonomt system er knyttet til denne dataen. Litt enkelt sagt, fjasete vil noen kanskje si, er autonomi bare en annonsert digitaliseringsplattform, som all den dataen vi henter her av det autonome systemet vårt bygger på, så derfor vil det være lukket.”

Informasjonssikkerhet

8. Bruker dere noen nasjonale eller internasjonale standarder/retningslinjer/lovverk for å ivareta informasjonssikkerheten og beskytte dataene?

“Ja, det gjør vi, men litt som jeg sa, noe av sikkerheten vår er knyttet til IP'en vår, så det er ikke nødvendigvis noe som er veldig ønskelig å prate om. Vi lener oss mot noen ISO- og IEC-standarder knyttet til autonomi, maskin, feilsøking, og risikoanalyse, styresystemer blant annet. Samt at vi har protokoller vi bruker for å ivareta sikkerheten.”

- Hvis ja, hvilke standarder benyttes? ISO? Andre?

“Igjen, dette er noe vi ikke er veldig komfortable med å prate for høyt om.”

9. Hvordan håndteres utfordringene knyttet til sikkerhet, både når det gjelder informasjonssikkerhet og fysisk sikkerhet for autonome kjøretøy i havn?

“Informasjonssikkerheten er jo knyttet til litt hva ISO-standardene, IEC-standardene, og de sertifiserte protokollene gjør. Det er jo en del kommunikasjonsprotokoller og interne protokoller som har god kryptering knyttet til seg. Når det kommer til den fysiske sikkerheten så må jo målet til et autonomt system være å få alt personell ut av Dull, Dangerous and Dirty Jobs. Systemet har jo mange flere sikkerhetsbarrierer både knyttet til operasjonell-handling og selve systemet. Med tanke på system spesifikt, skulle noe i systemet gå ned, av sensorikken eller prosesseringskraften så har vi barrierer for dette. Vi bruker LIDAR-kameraer, og annen sensorikk for å unngå direkte kollisjon, direkte skader og lignende. I tillegg har vi manuelle barrierer som nødstopp både på kjøretøy, operasjonspult, og trådløst.”

- Hvilke tiltak gjøres med tanke på potensielle dataangrep som kan påvirke integriteten og konfidensialiteten til dataene som samles inn av de autonome kjøretøyene?

“Dette er knyttet til noen av de protokollene og standardene vi bruker, som vi ikke nødvendigvis er så veldig interessert i å prate høyt om. Vi bruker også veldig anerkjente skyløsninger for lagring, så selvfølgelig, dersom de blir angrepet, er det lite vi kan gjøre med det. Dataforbindelsen opp til disse skyløsningene, er blant de sikreste som finnes der ute.”

Økonomi

10. I hvilken grad vil automatiseringen og digitaliseringen av norske havner være kostnadsbesparende?

“Dette tror jeg vi kan ha et helt eget møte på. Men, hvis vi ser på autonomi i sin helhet, ikke bare knyttet til havn. Hvis vi begynner med kjøretøy, så får du redusert nedetid på grunn av optimalisert bruk. Det er lite brukerfeil knyttet til dette. Noe som også vil forlenge levetid på kjøretøyet, så vil jeg si at du trenger færre kjøretøy, fordi du trenger ikke nødvendigvis så mange reserve-kjøretøy. Du får mindre nedetid eller reduksjon i produksjonen din. Avbetalinger på kjøretøyene kan være over lengre tid, noe som frigjør kapital. Reduksjon på operatør kost gjennom entil-mange operasjoner. Et autonomt system må sikte på at én “supervisor”, som vi ofte kaller de, har én til flere kjøretøy. I stedet for å ha fire operatører løpende samtidig, så har du da én. Dette tillater en å flytte arbeidsstaben opp i såkalte høyere-verdi skapende jobber, som er mer knyttet til administrasjon, ledelse og verdiskaping. Man optimaliserer operasjoner gjennom behandling av store mengder data i sanntid. Det vil dermed si at du vet akkurat hvordan det er nå, du har spor på alt du har gjort, du har spor på ballasten, og du kan bruke fremtidige data for å klargjøre operasjonen din som kommer. Du får også en bedre oversikt over hele verdikjeden, grunnet gjennomsiktighet av data og økt datamengde. Som sagt, dette her er noe vi kan prate lenge om, men dette er hovedpunktene.”

11. Hvor mye vil det anslagsvis koste med oppdateringer og kvalitetssikring av digital tvilling?

“Som sagt, det er umulig å si, for det faller litt på størrelsen på operasjonen din, nivået på den digitale tvillingen, bruksområde på den digitale tvillingen. I teorien kan du ha ett kjøretøy som løper rundt og skanner. Hvorvidt den er veldig nøyaktig, er en diskusjon for en annen gang, men det står og faller litt på hva du ønsker å bruke den til.”

Generelt

12. Hvordan skal den digitale tvillingen se ut?

“Igjen, det er også umulig å si. Det står og faller litt på bruker og operasjon, hva kundens ønsker er. Er det bare til menneskelig bruk, eller er det systemet? Systemet trenger ikke noe nevneverdig grafisk grensesnitt, det bør mennesker derimot ha for å forstå operasjonen. Systemet vårt kan gjøre alt i fra en digital tvilling i spillmotorer, til plaintext (klartekst).”

- Skal det utvikles en digital tvilling for en havn som helhet, eller skal individuelle komponenter ha sine egne digitale tvillinger?

“Igjen, det kommer an på hva du skal bruke den til og hva som er ønskelig. Hva er det kunden ønsker, hva er operasjonen den skal støtte, og hva er nødvendig knyttet til det. Hvem er det som skal bruke den, er det bare et system eller er det mennesker også? Vi kan gjøre alt i fra en såkalt augmented reality (AR) på et kjøretøy til å spore en hel verdikjede mellom havner og på sjø, på land, til en viss grad på tog også. Alt dette står og faller litt på bruksområde, men enhver maskin som skal inn i et autonomt system bør ha en digital representant. Dette er fordi du er nødt til å vite karakteristikken på kjøretøyet for å sette opp rammeverket og begrensninger, eksempelvis hva er svingradiusen, hva er hastigheten, hvor lang bremselengde trenger du. Også for å vite hvordan det autonome systemet kan oppføre seg.”

13. Hva ser du på som de største begrensningene og utfordringene når det gjelder å utnytte autonome kjøretøy i havn?

“Generelle begrensninger vi har til autonomien som vi jobber med nå, er teknologi over hele verdikjeden. Hva er det vi kan integrere med, hva er det vi ikke kan integrere med, og hva er det vi trenger av data som grunnlag for å løse kundens ønsker. Teknologisk nivå på utstyret er en utfordring. Skal vi kunne reintegrere kjøretøyet, så må vi kunne styre det digitalt også. Vi støtter fra leverandører også til en viss grad. Noen av leverandørene er ekstremt foroverlente og er veldig motakelige, andre leverandører ønsker ikke noe med digitalisering å gjøre, og ønsker kun en stålmaskin. Lovverket henger en del etter. Dette er forventet da det er en del føringer og jobb som skal rundt, men der bør de nok ha mer fokus. Også er det en del motstand fra diverse stakeholders. Noen områder så ser du at operatører er veldig klare for dette her og faktisk er de som pusher hardest for å få autonomi og digitalisering. I andre områder ser vi at interesseorganisasjoner og fagforeninger ikke er veldig interessert i dette.”

-
14. Hvordan tror du at teknologien deres vil utvikle seg i fremtiden, og hvordan ser du for deg at autonome kjøretøy i havn vil kunne påvirke industrien på lengre sikt?

“Du ser jo at autonomi og teknologien påvirker havneoperasjonen nå. Hvis du ser hvordan jeg tror at teknologien vår vil utvikle seg, så vil den nok være mer robust og tettere integrert med maskiner og systemer. Det vil være større tiltro til dataen som kommer ut av maskinene og systemene, og data som kommer inn i systemet også. Teknologien vil være en nøkkel i den fremtidige, verdifulle verdikjeden vi ser. Samtidig tror jeg teknologien vil spre seg over flere verdikjeder, altså i mer komplekse, såkalte intermodale transportsystemer. Det er ikke bare havner, vi kan også se på veg og tog. Vi kan hente data knyttet til områder som ikke nødvendigvis har autonome systemer, men som har noe digitalisering. Internasjonal logistikk vil også være på bildet her. Om ikke nødvendigvis helt fra råvare til ferdigprodukt, så vil det være fra komponent til ferdigprodukt og ut til kunde. Om det blir oss vet jeg ikke, men vi ønsker dette. Et autonomt system som har tilgang til data fra hele verdikjeden, har man lyst til å finne en løsning på.”

15. Hvordan kan dere unngå at menneskelige og maskinelle feil oppstår?

“Det er jo såkalt CoverBotics, altså der mennesker og roboter/maskiner jobber sammen, så er det alltid mennesket som er største svakheten her. Med en gang man putter mennesket inn i regnestykket, så vil det være fare for feil. Måten å gå ut i fra dette eller fikse dette, er kontinuerlige sjekker av handling og at det er i samsvar med dataen. Utfordringen er jo det at putter man feil inn, så får du mest sannsynlig feil ut. Litt som jeg sa tidligere, systemet behandler store mengder data ekstremt fort, og det henter veldig mye data veldig fort. Det er en av de tingene vi designer systemene våre for, å eliminere følgefeil. Hva er det vi skal gjøre, stemmer det du ba meg om, kan jeg sette det der, er det fremdeles der? Vi har en del sånne barrierer der som kommer inn. Dette vil det jo bli mer av etter hvert som tiden går. Jo mer autonomt system du har, jo mindre sånne feil vil du få.”

16. Kjenner du til andre aktører som driver med lignende prosjekter der autonome kjøretøy brukes for å oppdatere digitale tvillinger?

“Autonomi er et litt sånn vanskelig ord, for sånn som Semcon som jeg har nevnt her, de sier at de har autonomi. Det samme sier Yeti Move. Men etter det jeg vet, så går Semcon's AGVer etter predefinerte løyper. Yeti Move har også predefinerte løyper, men med veldig lite mulighet for AI løsninger. Men hvis du ser på autonomi og AGVer, altså digitale systemer som beveger på en maskin og som jobber der, de aller fleste har en form for digital tvilling. I Kristiansand her så hadde de Voca/Optilift som driver med det samme, ikke nødvendigvis autonome kjøretøy, men med digitale tvillinger. Fernride, AiDrivers, og EasyMile gjør veldig mye likt det de gjør. Balyo er mye AGVer, men med en del AI. Semcon og Yeti Move er to aktører som holder på i Norge.”

- Er det eventuelt noen av disse som kan være interessante å intervjuer for oss?

“Du kan jo høre med Voca, Yeti eller Semcon. Får du noe interessant ut av det så send meg en mail.”

-
17. Det finnes flere nivåer på automatisering (SAE). Gruppen har uttrykk for at begrepet autonomi er like misforstått som digital tvilling. Er det mer riktig å si at de er automatisert på et spesifikt nivå?

“Ja, det er vel en diskusjon om det er 5 eller 7 nivåer rundt AI og autonomi. Vi går ikke høyere enn nivå 3. Grunnen til det er at vi ønsker at operatøren skal være ansvarlig for operasjonen. Tesla sikter vel på nivå 4 eller 5. Det kan være at vi ønsker på sikt å gå høyere, men førstemålet vårt er nivå 3. Men ja, med en gang man kommer med fancy uttrykk som automasjon, autonomi, digital tvilling og lignende, så blir det grenser når bruksområdet er veldig diffuse. Uten at jeg vet veldig mye om Semcon, det jeg har forstått er at de har AGV, som er på nivå 1 eller 2. Den følger enten linjer i marka, eller infrastruktur for å navigere seg. Også har den noe sensorikk rundt seg for å ikke kjøre på ting. Men dersom det skjer noe, så er det veldig lite de gjør for å løse problematikken. Da pinger de ofte operatøren, og så må operatøren fjernstyre. Men for all del, det er et fint sted å begynne for du lærer veldig mye på den måten.”

18. Hva vil SAE nivå 3 si, som dere bruker. Hva er det definert av?

“Det er definert ut ifra hvor autonomt det er, altså hvor mye selvbestemmelse og avgjørelser tar systemet, og hvor mye ansvar ligger hos systemet. Nivå 3 løser en del problematikken, det lærer en del, men det er allikevel et menneske som sitter på toppen og avgjør. Når vi kjører, la oss si du er en til fire, så har du en operatør som følger med på fire operasjoner. Det er ikke nødvendigvis fire operasjoner som kjøres samtidig, men det er fire kjøretøy som er tilgjengelig samtidig.”

19. Disse kjøretøyene, går de kun på nattestid da? Eller går de kun når det er personer på jobb?

“Nei, på nivå 3 vil det alltid være en operatør der. Litt tilbake til det spørsmålet du hadde angående økonomi. En av styrkende til dette er at de kan kjøre så å si i bekmørke. Det faktum at vi kan sette barrierer, så kan du ha mer turtall enn gitt. Når du skal løfte eller sette fra deg, så reduserer vi hastigheten på siste delen slik at du ikke bråker. Det gjør jo at en havn som er satt ved en bebyggelse kan operere 24/7. Også litt det angående optimalisering av fremtidige oppgaver, så se for deg at du har en havn, og så vet du at tidlig på morgenen kommer det tre fartøy som skal hente gitte containere ifølge stacklista på båten. Da kan en person styre et par eller tre kjøretøy gjennom natta og klargjøre for operasjonen som kommer, i stedet for å ha hatt fire eller seks personer på samme saken, som man mest sannsynlig ikke kunne hatt fått lov til, på grunn av støy og lysforurensing for miljøet rundt.”

20. Driftes disse av elektrisitet, diesel, bensin, hybrid? Hva kjører de på?

“Det står og faller litt på utstyrsleverandører. Du har en del av disse andre europeiske leverandørene, og bare det å ta Parisavtalen i sin helhet, så skal utslipp ned. Det er flere og flere som kommer med elektrisk. Styrken til elektrisk er at da er du allerede digital. Det er sjeldent du har en direkte tilkobling til en el-motor. De aller fleste digitale går gjennom et styringssystem, og det er veldig bra for oss, for da kan det kobles rett inn. Det er ikke en eneste elbil der du styrer direkte inn på el-motoren fra speedpedalen, det går inn via et styringssystem eller kjørecomputer.”

B Kvalitativt intervju NTNU/Kartverket-Knut Jetlund

Neste kvalitative intervju ble gjennomført av Knut Jetlund tirsdag 28.03.2023 klokken 12:30-13:30. Tilstede på intervjuet var: Knut Jetlund, Magnus Nordahl og Stig Morten Lyse. Intervjuet ble direkte transkribert med direkte sitering etter opptak som ble godkjent av Knut Jetlund. Etterpå ble intervjuet med transkribering sendt til Knut Jetlund for godkjennig, og ble godkjent onsdag 29.03.2023 klokken 13:33. Det ble gitt tillatelse til at informanten Knut Jetlund sto frem uten anonymisering.

1. Hva er din rolle i Kartverket knyttet til automatiserte kjøretøy?

“Yes, min rolle er som teknologiforsker i forskningsprosjekter og foreløpig spesielt innenfor to konkrete prosjekter som vi jobber med nå. Det ene er et prosjekt som heter MODI, som går på en transportkorridor i fra Rotterdam til Oslo med automatiserte tungtransport. Det andre er det som vi har begynt å satse på nå med Maritimites opp imot Arendal havn, det er et prosjekt som vi må søke om for å understreke det. En del av spørsmålene du har skrevet er begrenset hva jeg kan svare på fordi det bare et skissert prosjekt.”

2. Hvilke utfordringer vet du om knyttet til automatiserte kjøretøy?

“Det er et veldig stort spørsmål. Det enkle svaret er jo mange. Jeg vil jo si som alltid med automatisering er den største utfordringen å klare håndtere ukjente situasjoner. Det går jo på at kommer dyr eller mennesker ut i veibanen dem ikke klarer å identifisere, det går på værutfordringer, ukjente situasjoner som oppstår, at det plutselig er skred som dekker vegbanen, vegbanen raser ut for den saks skyld. Så har du dette med vær selvsagt med snø, tåke og regn og slike ting som er selvsagt en utfordring for de systemene med at sensorene da får redusert evne til det de må vite. Så har du selvsagt dette med posisjonering da med nøyaktigheten på posisjonering med GNSS utstyret. Noe som det har vært en del fokus på har vært dette med “Jamming”. En del tungtransportsjåfører bruker dette for eksempel for å skjule hvor dem kjører hen, og da Jammer dem mottakerne til andre kjøretøy. Så har du helt andre perspektiv som går på dette med ansvar og regelverk, at hvem er det som har ansvar hvis det skjer noe når det er automatisert kjøretøy, hvordan håndteres regelverket knyttet til det, det er de tingene jeg noterte der egentlig.”

- Jeg glemte å spørre innledningsvis Knut, er det greit for deg at vi krediterer deg og nevner deg i oppgaven? At du ikke er anonym?

“Ja, det går fint det.”

3. Hvordan kan UML benyttes til automatiserte kjøretøy i havn?

“Ja, der hadde du satt opp noen underpunkt, du spurte jo om hvordan UML kan bidra til oppdatering og kvalitetssikring, og da spør du om digital tvilling og autonome kjøretøy, eller automatiserte da som vi er enige om en skulle kalle det. Det er jo tvillingen vi prater om her da og ikke kjøretøyet. Det UML kan benyttes til i tilknytting til det er det vi også har jobbet med i fagene vi har jobbet med Stig med en beskrivelse av hvordan virkeligheten kan representeres i en digital tvilling da. At du har en entydig klassifisering, at en konteiner og alle disse tingene i havnene, pullert, at de forskjellige objektene fra den virkelige verden er tydelig klassifisert slik at det automatiserte kjøretøyet vet hva en har å forholde seg til.”

- Vi tenker å lage et forslag til UML modell for dette her prosjektet, i mikroskala.

“Det som dere kan se på er det som heter havnedata, hvis du ser på Geonorge for havnedata, så ligger det mye data der som du kan se på som inspirasjon.”

- Hvordan kan UML bidra til oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling og autonomt kjøretøy?

-
- Hvordan kan bedre drift/vedlikehold/bygging av et automatisert kjøretøy og en digital tvilling?

“Vil egentlig si det at det er mye av det samme som på det forrige kulepunktet egentlig at det er dette her med den entydige beskrivelsen av virkeligheten og hvordan denne skal representeres i digital form som er svaret der da.”

4. Finnes det andre metoder som du er godt kjent med for å benytte i oppdatering og kvalitetssikring av digital tvilling? Hva er disse?

“Jeg kan vel ikke si at andre, altså ja andre metoder går jo på det som benyttes mye i automatiserte kjøretøy er dette med sensorer som sammenlikner det dem registrerer med det som skal finnes da, det som ligger som skal finnes da, det som ligger i en slags fasit på en måte. Det er en digital tvilling som beskriver virkeligheten slik som en teoretisk sett er som du kan kalle en fasit, så har du da kamera, og Lidar, og andre typer sensorer som registrerer omgivelsene slik som kjøretøyet oppfatter at det er, også må jo det da sammenliknes med den fasiten da. Og det kan jo da benyttes for oppdatering av den digitale tvillingen. For eksempel at kjøretøyene laster opp sine registreringer av skiltplater som den leser for eksempel, slik at det kan brukes for å oppdatere de sentrale registrene ut ifra eventuelle avvik på fartsgrenseskilta for å ta et helt konkret eksempel.”

Automatiserte kjøretøy

5. Det finnes fem SAE-nivåer. Hvilket nivå er det snakk om for prosjektet?

“Ja jeg vil si at det som det opereres med nå i første omgang det vil jeg si er nivå 3. Det dem jobber imot er nivå 4. Men til forskjell ifra det man normalt tenker på med SAE-Nivå så er det nå her fjernstyring, det er ikke en fører som kan steppe inn hvis det blir behov for det. Når si nivå tre så er det fordi at dem der har normalt på vegen så har du jo en fører som kan steppe inn der, mens når du kommer på nivå 4 så kan jo kjøretøyet styres mye mer selv.”

- Tidligere arbeidspakker beskriver kjøretøyene som autonome. Er du enig i denne fremstillingen?

“Nei. Det er egentlig bare å referere til de SAE-nivåene der det prates om automatisering. Innenfor dem som driver litt mer faglig med dette her, så er det automatisering det prates om, ulike nivåer av automatisering. Autonomi er litt sånn “buzz-word” som er fint å bruke for dem som skal selge det, rett og slett altså.”

- Er det realistisk å oppnå kjøretøy på nivå fem for dette prosjektet?

“Nei, det tror ikke jeg. Og det er rett og slett fordi at en prater jo om noe som heter ODD- Operational Design Domain som er det domenet som et automatisert kjøretøy kan utføre sine automatiserte operasjoner innafor, og da er det altså på nivå 5 har du et kjøretøy som kan kjøre overalt, men her snakker vi om lukka operasjoner inne på lukka havneområde, så dermed så er nivå 4 som vi må begrense det til rett og slett.”

- Hva må eventuelt til for å oppnå dette da, og komme på nivå 5?

“Det er egentlig ikke mulig å svare på dette spørsmålet for dette prosjektet fordi at dette dreier seg om lukka områder, og da er det ikke relevant med nivå 5. Du kan jo på en måte si at en kan operere på nivå 5 innenfor sitt lukkede område, men da er du på nivå 4 i praksis, for da har du et avgrensa område du kan operere innenfor. Hvis du tenker mer ut på vanlig kjøretøyer så er nivå 5 noe som de fleste som driver med dette her ser på som ganske langt frem altså. Du vil være på nivå 4 der du kan kjøre automatiserte innenfor gitte forutsetninger men ikke overalt.”

Kunstig intelligens (AI)

6. Har du noen tanker om hvordan AI-teknologi kan brukes til å analysere og tolke dataene som samles inn av automatiserte kjøretøy og bidra til å forbedre nøyaktigheten av den digitale tvillingen?

“Ja det er veldig spennende muligheter, men jeg har ikke noe konkrete tanker der altså. Det er jo dette her med tolkning av punkttsky opp imot fasit er jo et veldig aktuelt tema, at du har en fasit som kan bestå både av vektordata og av punktskydata der du samler inn er jo en punkttsky også skal du bruke den for å kunne tolke hva det er du ser for noe, og der er det mye spennende muligheter. Og det er jo klart en del AI er jo allerede inni bildet her da i form av bildeanalyser, for eksempel som jeg nevnte dette med fartsgrenseskilt, at en klarer identifisere fartsgrenseskilt eller andre typer skilt da, er jo AI som baserer seg på til en viss grad.”

7. Hvilke utfordringer ser du for deg ved bruk av AI til automatiserte kjøretøy for oppdatering av digital tvilling, og hvilke problemer må eventuelt løses rundt denne tematikken?

“Største utfordringen er jo det at det er komplekst altså. Som jeg sa du skal gjerne sammenlikne en punkttsky som kjøretøy samler inn imot en slags fasitpunkttsky. Og da er det jo fryktelig mye data som skal sammenliknes og tolkes. Og hvis den punktskyen der i tillegg skal brukes i sanntid for å generere vektordata så er det ganske komplekse operasjoner da.”

Datainnsamling

8. Hvilke typer sensorer kan brukes for å samle inn data fra havnen og hva slags data kan samles inn?

“Ja der er jeg også litt inne på det som jeg sa innledningsvis da at det er et prosjekt som vi har søkt om på den andre siden, også er det jo Hive Autonomi som liksom er dem som sitter på tekniske her. Vår rolle for Kartverket er jo “utamute” det med å tilrettelegge de geografiske dataene, de offentlige geografiske dataene. Men slik jeg oppfatter det så er det vel kamera og LiDAR som Hive bruker på sine kjøretøy.”

- Hvordan bør denne dataen lagres?

“Selvfølgelig så må jo dataen lagres mest mulig strukturert, slik at den kan gjenbrukes på andre plasser, og så må det være tilgjengelig for operatør. Et viktig poeng her er at slik Hive legger opp til det, kan du ha en operatør som sitter på en plass og styrer operasjoner i ulike havner. Du kan teoretisk sett ha en operatør som sitter en helt annen plass i verden og styrer operasjoner i mange norske havner samtidig, og da må jo dataen være strukturert på samme måte i de ulike havnene, og de må være tilgjengelige for denne operatøren da.”

- Ett sånn sidespørsmål Knut, er det da tiltenkt altså, kan dere administrere og styre disse kjøretøyene selv når det blir realisert, eller må dere være avhengige av at Hive administrerer, styrer og tar seg av alle dataene?

“Kartverket vil jo ikke kunne styre noe, Kartverket skal kun jobbe med den offentlige geografiske informasjonen å sørge for at den kan brukes på best mulig måte. Mens Hive er en operatør som er aktuell her, og andre operatører vil jo sikkert også være aktuelle etter hvert. Så et poeng er jo å ha dataen mest mulig standardisert slik at det ikke er “proprietært” for Hive da, men slik det bygges opp i den piloten som skal være i Arendal, så vil nok det være veldig knyttet til Hive sine systemer, det vil den nok. Men for oss som offentlig myndighet som er med i dette her så er jo det med standardisering og åpenhet viktig da. Slik at andre operatører kan komme inn å bruke dataen på samme måte slik som Hive gjør da. Men det er jo klart veldig mye knyttet til automatiserte kjøretøy er jo veldig “proprietært” for de enkelte kjøretøysystemene. Det er jo veldig mye teknologi som ikke deles med andre der.”

-
- Hvordan kan man sikre lagring av dataen?

“Det har ikke jeg så veldig mye mening om, men det er generell datasikkerhet som er utgangspunktet. Som sagt må det være tilgjengelig, det kan ikke være slik at man må sitte i Arendal, eller i Arendal Havn, for å kunne styre kjøretøy i Arendal Havn. Så det må være tilgjengelig utover det, men det må selvfølgelig være sikret. Det var et spørsmål lengre ned om åpenheten, og dette er ikke data som skal ligge helt åpent for hvem som helst, fordi dette er jo data som har en viss sensitivitet knyttet til seg.”
9. For å oppdatere kjøretøyet og den digitale tvillingen, trengs det menneskelige input eller skjer alt dette automatisk?
- “Der er vi og inne på ting som jeg kjenner lite til, men jeg oppfatter vel at det er kun det som samles inn av data automatisert som brukes.”*
- Kan rådataene behandles automatisk ved hjelp av Lidar eller GNSS, eller kreves det menneskelig behandling og “finpuss” av disse rådataene?

“Tror det er ganske automatisert, men det er Hive som gjør denne jobben. Så dette vet vi lite om foreløpig, men det er en del av prosjektet å finne ut av hvordan de kan utnytte offentlige data inn i sine digitale tvillinger.”
 - Hva er prosedyren/prosessen for dette?

“Det bekjenner ikke jeg, nei.”
10. Hvordan kan dere sørge for at datastrømmene blir kvalitetssikret?
- “Ja, du har noen kulepunkter der og, og det blir egentlig det samme som jeg har sagt over at dette kjenner jeg lite til foreløpig altså. Det er for tidlig å kunne si noe om det.”*
- Hvor mange målinger må til før den digitale tvillingen skal bli oppdatert?

“Nei, det vet jeg ikke. Men jeg vet at slike som HERE, for eksempel som utvikler og leverer navigasjonsdata for kjøretøy på vei, de har noen slike, og TomTom og, crowdsource-løsninger der de hvis så å så mange har oppdatert at krysset er endret for eksempel, da aksepterer de det som en oppdatering, men jeg vet ikke noe tall på dette altså.”
 - Hvordan håndterer man feilkilder og feil data i den digitale tvillingen?

“Det vet jeg veldig lite om foreløpig.”
11. Hvordan kan bruk av automatiserte kjøretøy i havn bidra til å redusere risiko og feil som kan oppstå i manuell datainnsamling?
- “Det er det med at automatikken fjerner de manuelle feilene. Du får en mye mer entydig måte å gjøre ting på, men på den andre siden er svakheten til automatikken at den bare forstår det den er opplært til. Så den vil alltid gjøre en tolkning ut ifra det. Så det er begrensingen på det, men i utgangspunktet så er det at ting kan gjøres maskinelt mye sikrere, da er man ikke avhengig av den individuelle personlige tolkningen da.”*
-

12. Hvordan skal tilgjengelighet av dataen håndteres?

- Skal dette være åpent eller lukket?

“Det er litt tidlig å si, men jeg var inne på det i sted. Det kan ikke være helt åpent fordi dette er typisk detaljerte havnedata som er noe som er veldig interessant for fremmede makter for å si det slik. Så noen sikkerhetsregimer må det være rundt det, men det må være slik at operatøren kan ha tilgang til data uten å sitte på serveren for å si det slik.”

Informasjonssikkerhet

13. Har dere planer om å bruke nasjonale eller internasjonale standarder/retningslinjer/lovverk for å ivareta informasjonssikkerheten og beskytte dataene?

“Dette kjenner jeg veldig lite til. De dataene som kartverket jobber med er jo det som ligger hovedsakelig på Geonorge og på våre systemer. De dataene som Hive da skal bruke kjenner jeg veldig lite til foreløpig, så jeg har ikke noe svar på det spørsmålet rett og slett.”

- Hvis ja, hvilke standarder skal benyttes? ISO? Andre?

14. Hvordan skal utfordringene knyttet til sikkerhet håndteres, både når det gjelder informasjonssikkerhet og fysisk sikkerhet for automatiserte kjøretøy i havn?

- Hvilke tiltak skal gjøres med tanke på potensielle dataangrep som kan påvirke integriteten, tilgjengeligheten og konfidensialiteten til dataene som samles inn av de automatiserte kjøretøyene?

“Det kjenner jeg og veldig lite til foreløpig altså. Som sagt, det er ting vi skal jobbe med gjennom prosjektet rett og slett.”

Økonomi

15. I hvilken grad vil automatiseringen og digitaliseringen av norske havner være kostnadsbesparende?

“Jeg har ikke noe svar på i hvilken grad, men jeg kan si noe om på hvilken måte. Det er jo for det første gjennom det at man har automatisering så kan man jobbe hele døgnet, og man kan jobbe uten å ha på noe lys eller noe sønn, så man kan utnytte døgnet mye bedre. Selvsagt også det at automatisering åpner for mye mer optimalisering av logistikken med optimalisering av ruter du kjører, hvilken rekkefølge du tar de ulike konteinerne og så videre. Og en kostnadsbesparelse i form av sikkerhet ved at du fjerner personell fra farlige oppgaver ved at det er kjøretøyene som utfører de farlige oppgavene. Det har vært noe snakk om dette med “dirty and dangerous jobs”, at du fjerner folk i fra dette og at det da istedenfor er operatører som sitter og styrer kjøretøyene.”

16. Hvor mye vil det anslagsvis koste med oppdateringer og kvalitetssikring av digital tvilling?

“Nei, det har jeg ingen anelse om.”

Generelt

17. Hvordan tenker dere at den digitale tvillingen skal se ut?

- Skal det utvikles en digital tvilling for en havn som helhet, eller skal individuelle komponenter ha sine egne digitale tvillinger?

“Dette har jeg pratet mye om i de fagene jeg jobber med her på Gjøvik, du har en digital tvilling tilrettelagt for en kontekst. For den konteksten med automatiserte havneoperasjoner så snakker vi om én digital tvilling per havn da. Men så skal selvsagt den samspille med for eksempel en digital tvilling for veinettet utenfor. Kjøretøyene som skal frakte konteinerne ut av havnen skal jo selvsagt kjøre videre, og likedan en digital tvilling på sjøsiden. Kystverket har sin digitale tvilling som fartøyene der operer innenfor da. Så det skal samspille mellom dem, men utover det så skal det nok hovedsakelig være en digital tvilling per havn. Det er en spillmotor de bruker da Hive som de bruker for å styre, det er vel Unreal de bruker hvis jeg husker riktig. Basert på en lokal innsamlet punktsky og så mest mulig data fra offentlige datasett. Det er vel omtrent begrenset til det jeg kan si foreløpig.”

18. Hva ser du på som de største begrensningene og utfordringene når det gjelder å utnytte automatiserte kjøretøy i havn?

“Det er jo i stor grad det samme som for automatiserte kjøretøy generelt da, dette med ukjente situasjoner som oppstår. Som mennesker så har vi en litt bedre evne til å forstå en ukjent situasjon som dukker opp enn det en maskin har. Den forstår jo bare det som den er lært opp til. I hvert fall i hovedsak. Det er jo antagelig det. Og så er det dette med, posisjonering nevnte jeg i og for seg som en utfordring på automatiserte kjøretøy generelt, så nei jeg tror ikke jeg har noe spesielt utover det på automatiserte kjøretøy generelt altså.”

19. Hvordan tror du at teknologien vil utvikle seg i fremtiden, og hvordan ser du for deg at automatiserte kjøretøy i havn vil kunne påvirke industrien på lengre sikt?

“Hvis jeg skal gjette så vil jeg tro at dette her med automatisering i havn er områder med godt potensiale nettopp fordi det er på et lukket område der du har færre av disse uventede situasjonene som oppstår og du har område som du har mye bedre mulighet til å ha kontroll på hva som skjer av endringer, hvilke andre kjøretøy som er der og slike ting. Så derfor ligger det veldig til rette for å kunne automatisere det da. Så jeg tror at det er absolutt noe som vi kommer til å se en stor utvikling på automatisering der og det vil jo selvsagt påvirke industrien. Det vil påvirke industrien i form av at jobbene endrer seg. Som jeg sa “dirty and dangerous” jobbene forsvinner, men til gjengjeld så dukker det opp andre mer operatør-aktive jobber da. Det vil gi en effektivisering og det vil gi mindre utslipp og lavere risiko som følge av det da.”

20. Hvordan kan dere unngå at menneskelige og maskinelle feil oppstår?

“Det er veldig vanskelig for meg å svare på altså. Det er jo kvalitetssikring av dataene og av systemene som er stikkordene der. Sikre at datagrunnlaget er korrekt og sikre at systemene er trent for å forstå alle relevante situasjoner.”

21. Kjenner du til andre aktører som driver med lignende prosjekter der automatiserte kjøretøy brukes for å oppdatere digitale tvillinger?

- Er det eventuelt noen av disse som kan være interessante å intervju for oss?

“Ikke konkret der de automatiserte kjøretøyene jobber med å oppdatere de digitale tvillingene, men det er jo mange andre prosjekter med automatiserte kjøretøy og kanskje det mest spennende som jeg kan komme på er en aktør som er inne i bildet i det MODI prosjektet som jeg pratet om som heter Einride. Svensk firma som lager fjernstyrte varebiler som er designet for å ikke ha noen fører om bord i det hele tatt, som er en veldig spennende utvikling med tanke på varetransport da. Så de kan være en aktuell kandidat å intervju. Det ligger en demonstrasjon fra dem på CNN som var sendt for en tid tilbake. Hvis dere søker på Einride og CNN så kommer det en sak på det. Ellers så er det som sagt slik at alle kjøretøysprodusenter, vanlige kjøretøysprodusenter, jobber med automatisering på ett eller annet nivå. Men ja, og de oppdaterer digitale tvillinger ved at de kombinerer dette her med en digital fasit, som jeg kaller det, med de mer dynamiske dataene som de samler underveis.”