



Kunnskap for en bedre verden

FAKULTET FOR INFORMASJONSTEKNOLOGI OG  
ELEKTROTEKNIKK

TDT4860 - DIGITALE TVILLINGER

---

# Digital kaibestilling og sikkerhet

---

**Forfattere:**

Rikard Gjelsvik

Dharshini Tharmarajan

Daniel Dreyer Svendsen

Justin Chen

Mai, 2022

---

# Sammendrag

Denne rapporten er utformet av en studentgruppe ved NTNU i samarbeid med Kartverket. Hensikten er å gi et innblikk i digital kaibestilling, et prosjekt som bidrar til økt digitalisering av den norske havneinfrastrukturen. Rapporten tar for seg de ulike delsystemene SFKB, AIS, SSN, og PMS som felles utgjør rammene for kaibestillingen. Dette blir gjort ved å beskrive hva de ulike systemene er og hvilken rolle de har i kaibestillingen. Videre trekkes det frem hvordan sensorbruk kan berike systemet, noe som er særlig relevant ettersom kaibestillingen blir sett i kontekst av en digital tvilling. Rapporten tar også for seg en risikoanalyse for kategoriene *feil i data*, *sensormanipulering* og *arbeidsulykker*.

De tidligere løsningene for kaibestilling har vært halv-digitale i form av e-post og telefon. Dette er en tidkrevende og følgelig kostbar prosess, sammenlignet med det digitale alternativet. Besparelsene rent økonomisk er i millionbeløp, og effektivisering av sjøtransporten vil også kunne redusere klimaavtrykket til næringen.

Ettersom prosjektet er utført i samarbeid med Kartverket, er det naturlig at det er de som eventuelt velger å legge denne rapporten til grunn for videre handling. Vi håper at rapporten kan komme til nytte, og stiller den til fri disposisjon for Kartverket.

---

# Innholdfortegnelse

<b>Figurer</b>	<b>iii</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2 Prosjektgruppen</b>	<b>2</b>
2.1 Rikard Gjelsvik . . . . .	2
2.2 Dharshini Tharmarajan . . . . .	2
2.3 Daniel Dreyer Svendsen . . . . .	2
2.4 Justin Chen . . . . .	3
2.5 Eksterne aktører . . . . .	3
<b>3 Metode</b>	<b>4</b>
<b>4 Beskrivelse av delsystemer</b>	<b>5</b>
4.1 Sentral Felles Kartdatabase (SFKB) . . . . .	5
4.2 SafeSeaNet (SSN) . . . . .	6
4.3 AIS . . . . .	7
4.4 Port Management System . . . . .	8
4.5 Overordnet flyt mellom delsystemer . . . . .	9
<b>5 Sensorer og digital tvilling</b>	<b>10</b>
5.1 Forslag til sensorer og muligheter . . . . .	10
5.2 Begrensninger . . . . .	11
<b>6 Risikoanalyse</b>	<b>12</b>
6.1 Feil i data . . . . .	12
6.2 Sensormanipulering . . . . .	13
6.3 Arbeidsulykker i kai . . . . .	13
<b>7 Resultater</b>	<b>14</b>
<b>8 Diskusjon</b>	<b>16</b>
8.1 Samfunnsnytte . . . . .	16
8.2 Fremtidig arbeid . . . . .	16
<b>Referanser</b>	<b>18</b>

---

## Figurer

1	Overordnet skisse av SFKB . . . . .	6
2	Skisse av dataflyt i SSN-systemet . . . . .	7
3	Skisse av dataflyt i AIS . . . . .	8
4	Caption used in list of tables . . . . .	9
5	Skisse av overordnet dataflyt nå . . . . .	9
6	Antall arbeidsulykker i Norge 2017-2020, etter type ulykke . . . . .	14
7	Skissering av fremtidig løsning med digital tvilling . . . . .	15
8	Risikomatrise . . . . .	15

---

# 1 Innledning

Norge har verdens nest lengste kystlinje, på over 100 000 km [26], og består i dag av mer enn 3000 anløpspunkt [17], med en samlet årlig godstransport på ca. 200 millioner tonn [32]. Et fellestrekk for disse havnene er at de i lengre tid har benyttet seg av halvdigitale løsninger, og har på så måte havnet bakpå i den digitaliseringen vi har sett ellers i samfunnet. Som en del av nasjonal transportplan (NTP) 2018-2029, ønsket regjeringen å legge til rette for utvikling av en effektiv og miljøvennlig sjøtransport. Dette ble gjort ved å etablere en tilskuddsordning rettet mot utvikling av effektive og miljøvennlige havner [30]. I dag forvaltes disse tilskuddsmidlene av Kystverket [19].

Som en del av satsningen på effektive og miljøvennlige havner fikk prosjektet *Norsk digital havneinfrastruktur* i 2021 tildelt 18 millioner kroner i støtte fra Kystverket, et prosjekt med en total kostnad på 32.5 millioner kroner [6]. Hensikten med prosjektet er å etablere en felles digital infrastruktur med målsetninger om blant annet å effektivisere havneoperasjoner og måten havnene driftes på [10]. Prosjektet involverer ni havner med Oslo Havn som prosjekteier, og skal sammen med Kartverket og underleverandøren Grieg Connect utvikle den nødvendige digitale infrastrukturen. Ettersom Grieg Connect er leverandør av havnesystem for omtrent 50 havner i Norge, vil resultatene fra dette havneprosjektet fort komme til nytte for flere havner.

En av havneoperasjonene som vektlegges i det nevnte havneprosjektet er bestilling av kai, som innebærer at en skipsagent forespør en havn om de har en ledig kai slik at fartøyet kan legge til. Per i dag foregår mange kai- og tjenestebestillinger via e-poster og telefon. I en rapport utført av Grieg Connect kommer det fram at en saksbehandler i snitt må håndtere over 100 slike e-poster per anløp. Hver e-post har en behandlingstid på omtrent 3 minutter som gjør at hvert anløp tar ca. 17 timer å behandle [10]. For å kunne effektivisere bestillingsprosessen, er det nødvendig å redusere behandlingstiden ved å erstatte kommunikasjon via e-post med en digital kai- og tjenestebestilling [10]. I tillegg vil det være nødvendig å etablere en dataflyt mellom bestillingsportalen og andre pålagte systemer, slik som rapporteringssystemet SafeSeaNet (SSN), og posisjoneringssystemet AIS.

Et av prosjektene som ligger til grunn for *Norsk digital havneinfrastruktur* er havneprosjektet *Digitalisering av havnedata – HavneGEOdatabase* fra 2020, der det ble laget en nasjonal standard for registrering og forvaltning av havnedata. Dette innebar at data ble sentralisert hos Kartverket i Sentral Felles Kartdatabase (SFKB) [12]. Dette gjør det mulig for brukere å hente ut detaljert, og oppdatert kartdata til bruk i deres tjenester. Grieg Connect benytter kartdata fra SFKB som datagrunnlag i deres verktøy, som videre benyttes av både skip og havner. Vi kommer senere inn på hvordan disse verktøyene spiller en sentral rolle i digital kaibestilling, og utgjør et naturlig forankringspunkt for en digital tvilling.

Digitalisering av havnedata blir sett på som begynnelsen av de norske havnenes digitale tvilling [33]. Definisjonen av en digital tvilling er ikke standardisert, og har følgelig varierende betydning. Rasheed et al. definerer en digital tvilling som «... en virtuell representasjon av en fysisk ressurs som er muliggjort gjennom innhenting av data og simulering, slik at prediksjon, optimalisering, monitorering, regulering og beslutningsstøtte for den fysiske ressursen oppnås» [23]. I andre definisjoner vektlegges dataflyt mellom det virtuelle og fysiske systemet [15].

En digital tvilling av en havn vil kunne gi skip tilgang til nyttig sanntidsdata når de skal legge til kai, ved hjelp av utplasserte sensorer. For havneanlegget vil tvillingen kunne bidra til å ta avgjørelser basert på ellers ikke-tilgjengelig data som har blitt innhentet over tid av de utplasserte sensorene. En digital kaibestilling vil på så måte tilføre mer verdi i form av data som benyttes som beslutningsgrunnlag for videre handlinger, i regi av den digitale tvillingen. Det er naturlig å trekke inn sikkerhetsspørsmålet i denne sammenhengen ettersom kaibestillingene innebærer sensitiv data, som må utveksles mellom ulike systemer og aktører.

I denne rapporten skal vi se på hvordan digital kaibestilling passer inn i en digital tvilling av et havneanlegg. Videre ønsker vi å se på mulighetene bruk av sensorer gir, samt se på systemet med et overordnet sikkerhetsperspektiv. Avslutningsvis skal vi diskutere mulig samfunnsnytte og fremtidig arbeid for prosjektet. Fremgangsmåten vi har benyttet for å besvare denne oppgaven er presentert i kapittel 3.

---

## 2 Prosjektgruppen

### 2.1 Rikard Gjelsvik

Jeg har fra før fullført en bachelorgrad i informatikk, drift av datasystemer, og arbeider nå mot en mastergrad innen informasjonssikkerhet. Studieretningen min er rettet mot det tekniske aspektet ved sikkerhet og hvordan ulike systemer er bygd opp. I løpet av dette prosjektet har jeg bidratt med skissering av de ulike delsystemene, samt det overordnede perspektivet på systemet slik det er nå, og slik vi ser for oss at det kan bli. Med min faglige bakgrunn har jeg også bidratt til å drøfte sikkerhetsspørsmålene, og peke på mulige risikoer presentert i risikoanalysen sammen med Dharshini. I samarbeidet med gruppen har det vært viktig å kunne heve blikket sitt utover ens eget fagfelt, for å prøve å se det større bildet. Dette kommer konkret frem i dette prosjektet ettersom det har vært sentralt å få klarhet i informasjonsflyten i systemet.

### 2.2 Dharshini Tharmarajan

Som student på kommunikasjonsteknologi og digital sikkerhet har jeg kjennskap til hvordan man kan forsvare komplekse digitale systemer mot sikkerhetstrusler. I dette prosjektet har jeg jobbet tett sammen med Rikard med å identifisere og analysere mulige risikoer knyttet til digital kaibe-stilling. I tillegg har jeg vært med på å diskutere fremtidig arbeid med fokus på risikoanalyse. I løpet av prosjektet har jeg også hatt overordnet ansvar for å holde kontakt med de eksterne samarbeidspartnerne og vært med på å gjennomføre intervjuene.

Jeg synes det har vært nyttig å kunne ha en jeg kunne sparre med en som har samme kompetanse for meg. Dette gjorde at jeg kunne forsikre meg om at innspillet jeg kom med basert på min kompetanse hadde mer tyngde. Samarbeidet med Justin opplever jeg har gjort meg bevisst på viktigheten av HMS ute i felt, noe jeg sjelden eksponeres for på studiet mitt. Kunnskapen Daniel sitter på er også nytt for meg ettersom vi sjelden jobber med sensorer på studiet mitt. Det som har overrasket meg mest er hvor tett sensorer og informasjonssikkerhet egentlig henger sammen, noe jeg vil ta med meg videre. Det å jobbe tverrfaglig synes jeg har vært givende ettersom det har utfordret meg til å bruke kompetansen min på en annen måte som jeg ikke er vant til. Et eksempel på dette var da vi måtte se på sensorer i sammenheng med informasjonssikkerhet, som fikk meg til å tenke utenfor boksen.

### 2.3 Daniel Dreyer Svendsen

Som student ved Kybernetikk og Robotikk, ligger mye av min faglige kompetanse innen hvordan fysiske prosesser kan styres ved hjelp av digitale verktøy. Dette omfatter blant annet forståelse for og bruk av sensorteknologi og målinger. Av den grunn har jeg i dette prosjektet hatt hovedansvar for å legge frem en konseptbeskrivelse for hvordan en digital tvilling av et havneanlegg kan realiseres ved bruk av sensorgenererte sanntidsdata, og hvilke fordeler digitale tvillinger kan medbringe i en digital kaibe-stilling.

Under dette arbeidet har det vært interessant å konsultere med Rikard og Dharshini angående informasjonssikkerhet, som er deres fagfelt, i grensnittet mellom den fysiske og den digitale verden. Dette er noe som er svært viktig i den videre utviklingen av eksempelvis selvstyrte biler og høyt automatiserte prosessanlegg. Det har på lik linje vært lærerikt å få innsikt i hvor viktig det er å tenke på HMS, som Justin har mye erfaring med, etter hvert som samfunnet blir mer og mer digitalisert. Mennesker vil til enhver tid samhandle og være i nærheten av teknologi som utvikles, og det må alltid passes på at dette skjer på en sikker og god måte. Informasjonssikkerhet og HMS er temaer jeg har vært lite eksponert for tidligere i studiet, men noe jeg anser som svært relevant for min utdanning.

---

## 2.4 Justin Chen

Jeg var utdannet ingeniør innen bygg og anlegg ved NTNU Ålesund i 2019. Siden da har jeg jobbet med prosjektering og byggeledelse av vann- og avløpsanlegg i Ålesund kommune. I løpet av praksisarbeid de siste årene følte jeg det var et stort behov for kompetanseheving, og bestemte meg da for å søke på masterstudie i *Smart Water and Environmental Engineering*, som går ut på smartstyring av ulike typer anlegg i vann- og avløpssektoren. I dette prosjektet har jeg bidratt med å utarbeide risikoanalyse som kartlegger ulike uønskede hendelser knyttet til havnearbeid og informasjonssikkerhet, lage fremdriftsplan som gruppen følger opp arbeid på, gjøre litteratursøk på enkelte systemer og være med på intervjuer.

Prosjektet har blant annet gitt meg bedre innsikt i informasjonssikkerhet gjennom samarbeidet med Rikard og Dharshini. Sikkerhetsaspektet har det blitt mer og mer viktig i løpet av de siste årene på grunn av digitalisering i vårt samfunn. Ikke minst innen VA-sektor, der kartdata lagres i sky og ulike anlegg smartstyres av digitale systemmer. Store mengder av data må lagres og sikres slik at de ikke misbrukes eller manipuleres. I tillegg har sensorer også vært et sentralt tema i dette prosjektet, som måler og innhenter nødvendige data for beslutningsstøtte, overvåking og styring av systemmer. Dette er innenfor fagfeltet som Daniel spesialiserer seg i, og kunnskapene han delte med oss er veldig interessant og relevant for meg i mitt fagfelt. For å kunne realisere smartstyring av VA-anlegg må ulike sensor inkluderes. Gjennom dette samarbeidet synes jeg at jeg har fått med meg store læringsutbytter i fagfelter som jeg ikke har vært borti før. Jeg setter stor pris på kunnskapene, og kommer til å dra nytte av dem videre i mitt masterstudie og arbeidsliv.

## 2.5 Eksterne aktører

### Oslo Havn KF

Oslo Havn er prosjekteier av *Norsk digitalhavneinfrastruktur* og vil benytte seg av resultatet som blir et digitalt kaibestillingssystem.

### Kartverket

Kartverket er statens fagorgan for kart og geodata, og har ansvar for å etablere og forvalte nasjonale kart som tilgjengeliggjøres for allmennheten [9]. I prosjektet *Norsk digitalhavneinfrastruktur* har Kartverket ansvar for SFKB, hvor databasen gir havnene tilgang til ferske og kvalitets sikrede havnedata.

### Grieg Connect

I dette prosjektet er Grieg Connect en underleverandør som tilbyr programvare som skal benyttes i kaibestillingssystemet. Grieg Connect forvalter delsystemet Port Management System, som i dette prosjektet vil fungere som portalen for bestilling av kai [10].

### Kystverket

Kystverket er en nasjonal etat som skal bidra til sikker og effektiv ferdsel langs kysten, og inn til havner [25]. Kystverket er ansvarlig for meldingsportalen SafeSeaNet (SSN), og data fra AIS-nettverket i Norge.

---

### 3 Metode

I startfasen av prosjektet, ble vi presentert for problemstillingen *Digital kaibestilling* av Kartverket. Dermed har vi i samarbeid med Kartverket utarbeidet en problemstilling og vinkling på oppgaven som ble presentert i kapittel 1.

Som forsøk på å svare på denne problemstillingen har vi satt oss inn i relevant litteratur. Dette inkluderer interne dokumenter som vi har fått tilsendt Kartverket og Greig Connect, samt åpent tilgjengelig informasjon på nettet. Videre har vi utført intervjuer med de eksterne aktørene presentert i kapittel 2.5. Dette i sum utgjør informasjonsgrunnlaget vi legger til grunn for rapporten.

Grunnen til at vi valgte å foreta intervjuer og benytte oss av interne dokumenter er fordi vi anser denne type informasjon som troverdig. Informasjonen er troverdig, ettersom den er hentet fra de som sitter nærmest prosessen i utviklingen av digital kaibestilling. Som et tiltak for å innsnevre oppgaven, valgte vi å ikke være direkte kontakt med brukergruppen av systemet. Videre passet vi på å være ekstra kildekritiske til informasjon som ble funnet på nettet. Dette ble gjort ved å sjekke troverdigheten til forfatter, om kilden virket objektiv, samt sjekke kildelisten til artiklene. Ettersom informasjonen vi fant gjennom internett i stor grad var fra oppdaterte statlige organer, anser vi den som troverdig og etterprøvbart.

På bakgrunn av den innsamlede informasjonen, har vi utformet overordnede skisser, lagt frem forslag til bruk av sensorer, foretatt en risikoanalyse og beskrevet hvordan en digital tvilling i fremtiden kan være med på å berike en digital kaibestilling. Vi har også hatt jevnlig møter med Kartverket, der vi har fått kontinuerlig tilbakemelding på arbeidet vi har gjort. Disse verdifulle innspillene har vi benyttet oss av til å stadig forbedre prosjektrapporten.



---

## 4 Beskrivelse av delsystemer

Som i de fleste større systemer, består digital kaibestilling av flere delsystemer som avhenger av å kommunisere sammen på en hensiktsmessig måte for å gi et godt sluttprodukt. I utvikling av slike sammensatte systemer er det viktig at prosjektdeltakerene har en felles situasjonsforståelse. Dette er med på å redusere faren for feil som følge av dårlig kommunikasjon. Det er også denne situasjonsforståelsen som danner grunnlaget for sikkerhetsarbeidet, ettersom en er avhengig av å vite hva noe er for å kunne beskytte det.

Hensikten med dette kapitlet er å danne grunnlaget for en felles forståelse av systemet. Etter samtale med Kartverket fremkommer det et tydelig ønske om å få overordnede skisser av systemet. På bakgrunn av dette beskriver vi de ulike delsystemene med tekst og skisser, samt trekke frem deres rolle i digital kaibestilling. Skissene skal gi leseren en forståelse av informasjonsflyten mellom de ulike delsystemene. Beskrivelsene gjort i dette kapitlet skal gi et øyeblikksbilde av den nåværende situasjonen, slik studentgruppen har forstått det. Disse beskrivelsene danner grunnlaget for den overordnede skissen av systemet presentert i kapittel 4.5.

Digital kaibestilling inkluderer mange brukergrupper, og interesser. Under følger en oversikt over disse slik de er omtalt i rapporten.

**Havn** - Kai eller kaier med tilknyttede sjø-og landområder som er tilrettelagt for mottak og fortøyning av fartøy i næringsvirksomhet eller offentlig tjeneste, og andre områder som er tilknyttet disse. I denne rapporten skilles det ikke mellom havnområde og havneanlegg som også inkluderer infrastruktur som brukes i havnevirksomhet eller havneformål [21].

**Skip** - Et næringsdrivende fartøy som ønsker å benytte seg av en havns fasiliteter.

**Skipsagent** - Person som handler på vegne av skip i forbindelse med kaibestillinger.

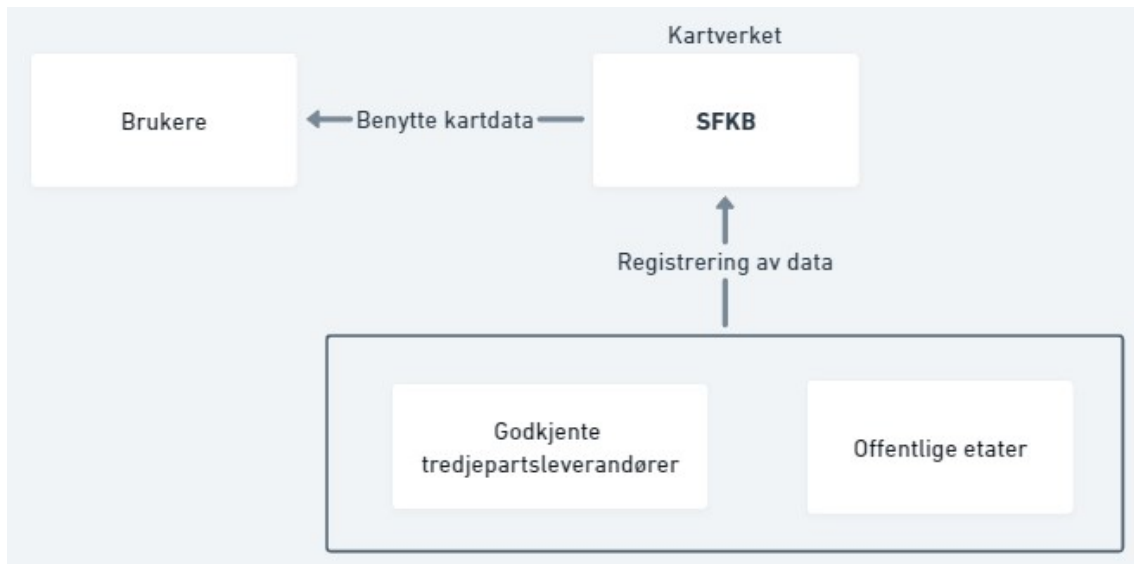
**Myndigheter** - En samlebetegnelse for de offentlige etatene som skal ha innsyn i data gjort tilgjengelig via SSN.

**Eksterne aktører** - En beskrivelse av de eksterne aktørene er gitt i kapittel 2.5.

### 4.1 Sentral Felles Kartdatabase (SFKB)

Sentral Felles Kartdatabase (SFKB) er en samling av all kartdata fra de ulike kommunene i Norge, og den forvaltes av Kartverket [12]. Denne sentraliseringen bidrar til å holde dataen gyldig, ettersom det kun er behov for å oppdatere den én plass. Sentraliseringen gir også bedre muligheter til å kjøre automatiske sjekker som bidrar til å kvalitetssikre dataen [7]. I 2020 oppdaterte 80% av kommunene dataene sine direkte i SFKB [7]. En utfordring i den nåværende databasen er at Kartverket og Kystverket ikke opererer med samme navn for enkelte havner, dette medfører at tredjepartsløsninger må benytte oppslagstabeller for å samkjøre objekter mellom de to aktørene [28].

Figur 1 viser en forenklet skisse av hvordan SFKB fungerer. Data kan registreres av offentlige etater, samt enkelte godkjente private leverandører. Brukere laster ned kartdata fra SFKB for å benytte dem i sine løsninger. I dette prosjektet er det havnedata registrert i SFKB som utgjør grunnlaget for nøyaktig og oppdatert representasjon av havner.



Figur 1: Overordnet skisse av SFKB

## 4.2 SafeSeaNet (SSN)

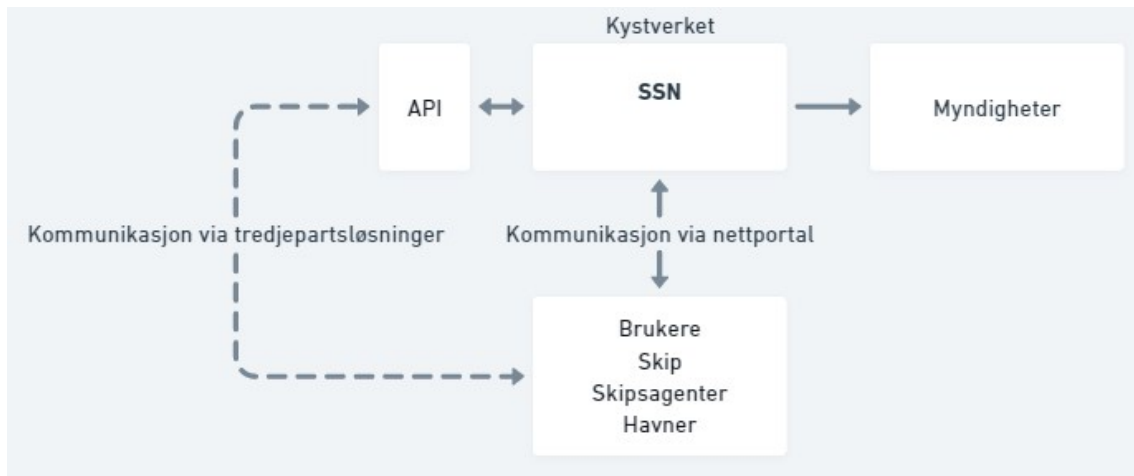
SafeSeaNet (SSN) er en nettbasert meldingsportal som legger til rette for kommunikasjon mellom skip, havner og myndigheter [18]. Portalen bidrar til å forenkle kommunikasjon, samt effektivisering og kostnadsreduksjon for alle involverte parter. Behovet for en slik løsning er enkel å forstå med tanke på at det tidligere var behov for å melde inn den samme informasjonen gjentatte ganger. Bakgrunnen for løsningen kan spores tilbake til EU direktiv 2002/59/EC, der SSN er blitt svaret på «*Union maritime information exchange system*» [5].

Det ble Kystverket sin oppgave å utvikle denne løsningen, og allerede i 2004 var SSN i prøvedrift [27]. SSN slik vi kjenner det i dag med tanke på skipsrapportering er nedfelt i EU-direktiv 2010/65/EU, som sist ble oppdatert i 2019 [5]. SSN er en løsning som tilfredsstiller minstekrav som er beskrevet i EU-direktiv, samtidig som enkeltnasjoner har mulighet til å utvide funksjonaliteten dersom de har behov for det [22].

SSN i kontekst av digital kaibestilling spiller en sentral rolle ettersom det er bestemt at data skal registreres gjennom denne portalen. Eventuelle løsninger havner eller skip ønsker å benytte seg av må dermed ha en kobling til SSN, eller benyttes parallelt. Parallell bruk av løsninger vil ofte kunne medføre dobbeltregistrering av data, og er dermed ikke ønskelig. Det er selve bestillingen dette prosjektet ønsker å ha i en tredjepartsløsning, mens registrering av pliktig informasjon fremdeles vil foregå i SSN.

I selve kaibestillingen foregår mye av kommunikasjonen mellom havnene, og skipsagenten. Havnene registrerer sine kaier og fasiliteter i SSN, og skipsagentene registrerer bestillinger på vegne av skipene. I tillegg til selve bestillingen, skal det registreres pliktig informasjon som type last, passasjer- og personallister. Denne informasjonen viderformidles via SSN til de aktuelle myndighetene som skal ha innsyn.

En abstraksjon av denne informasjonsflyten er presentert i figur 2. Brukerne kan kommunisere direkte via nettportalen til SSN, eller velge å benytte seg av en tredjepartsløsning. Denne løsningen avhenger av kommunikasjon med SSN via et API. For at en tredjepartsløsning skal kunne erstatte direkte kommunikasjon med SSN, må all pliktig informasjon kunne registreres via API. Per nå er denne funksjonaliteten ikke på plass, fordi det er noen juridiske spørsmål som må oppklares først [28]. Når informasjonen er registrert i SSN, viderformidles denne til myndighetene på vegne av brukerne.



Figur 2: Skisse av dataflyt i SSN-systemet

### 4.3 AIS

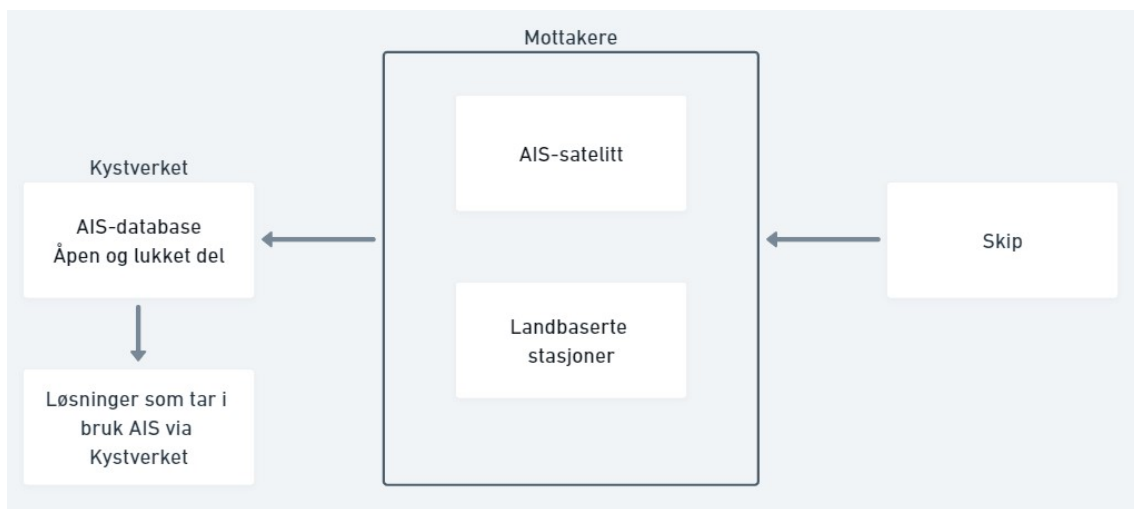
Automatisk identifiseringssystem (AIS), er et system som skip benytter seg av for å identifisere seg, og meddele posisjonsdata. Systemet gjør det også mulig å sende annen data, dersom det skulle være behov for det. Siden 2002 har IMO (International Maritime Organization) påbudt bruk av systemet for fartøyer over 300 bruttotonn [14]. For mindre fartøyer som fritidsbåter og fiskebåter, er det ikke krav til AIS, men det kan bidra til å øke sikkerheten ombord.

AIS-systemet består av en sender, og en mottaker. Senderen er plassert i båten, og sender ut informasjon som blir fanget opp av mottakere i form av satellitter, eller basestasjoner plassert ut langs kysten [14]. Informasjonen blir så videre registrert og behandlet i kyst- og sjøfartsmyndighetene sitt system.

AIS-data brukes til sjøtrafikkovervåking, antikollisjonssystem i skip, og for å kunne oppdage skip i nød [16]. Ved å bruke historisk data generert av AIS, får en et godt informasjonsgrunnlag til å utarbeide sikkerhetstiltak, forvaltningsplaner, og dokumentasjon dersom det skulle oppstå en ulykke.

Figur 3 illustrerer informasjonsflyten til AIS. Fra skipet er det en enveiskommunikasjon til mottakerenhetene som igjen viderformidler informasjonen til AIS-databasen. I dette tilfellet er det AIS-data formidlet av Kystverket som er aktuell, selv om andre aktører også kan ha tilgang til denne type data. Aktører som ønsker tilgang til AIS-data, kan få dette ved å søke hos Kystverket, der det skilles mellom en åpen og en lukket del. Den åpne delen av AIS er forøvrig tilgjengelig på Kystverkets nettside<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><https://kystinfo.no/share/9998e864974d>



Figur 3: Skisse av dataflyt i AIS

#### 4.4 Port Management System

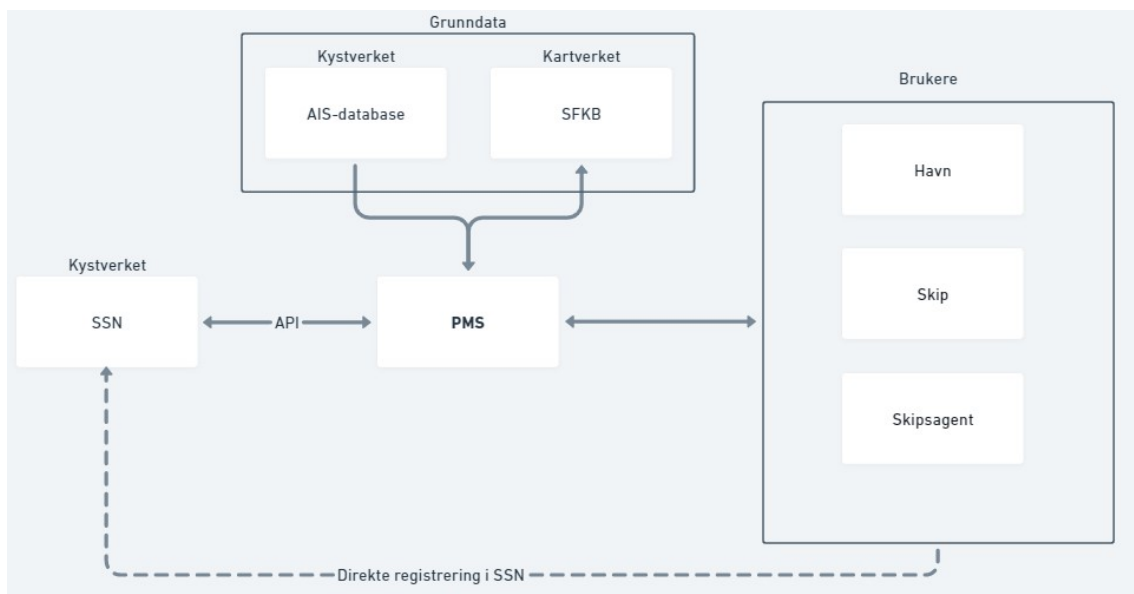
Port Management System, heretter omtalt som PMS, er et digitalt planleggings- og ledelsesverktøy for havneanlegg i forbindelse med havneanløp og relaterte tjenester og operasjoner [4]. Det er et av flere programvareverktøy i pakken Kraken Tools, som har som hovedmål å digitalisere og effektivisere drift og operasjon av terminaler og havneanlegg. Det er Grieg Connect som er utvikler av denne pakken, og i dag er det over 80 havneanlegg og terminaler som benytter seg av dette [3].

Brukere av PMS er i all hovedsak operatørene på det aktuelle havneanlegget, agenten som bestiller eller anmoder om et havneanløp og eventuelle tredjepartsaktører involvert. Selve agenten kan være et skip selv, eller det kan være et agentbyrå som bestiller på vegne av et skip. Videre skjer selve bestillingen enten ved å motta informasjon om kaibestillinger eller anmodninger gjennom SafeSeaNet (SSN), e-post eller telefon. Kommunikasjonsflyten mellom PMS og andre delsystemer og aktører i forbindelse med en kaibestilling slik den skjer i dag, er illustrert i figur 4.

En viktig del av PMS er selve kartløsningen, som blant annet viser sanntidstrafikk i havnen og skip som ligger forankret til kai. Her samarbeider kartløsningen med posisjonsdata fra AIS, og tegner inn skip i riktig målestokk på kartet. Data til objektene som befinner seg i sanntidskartet, for eksempel størrelse og plassering av en pullert, er hentet fra SFKB. Dette er en toveiskommunikasjon, fordi Grieg Connect kan endre på disse dataene dersom det skulle være nødvendig.

Figur 4 illustrerer denne kommunikasjonen med grunndata for å kunne gi en tjeneste til brukerne. Det fremkommer også at PMS kobles til SSN via et API, for å kunne utføre handlinger på vegne av brukerne. Per nå er det i midlertid noen juridiske spørsmål som må avklares før dette kan komme på plass [28], derfor er brukere per nå avhengig av direkte kommunikasjon med SSN.

Etter intervju med Grieg Connect, kom det tydelig fram at PMS er det naturlige operative verktøyet å videreutvikle til det som en dag kan bli en digital tvilling [28]. Dette innebærer blant annet å gå fra 2D-kartløsninger som brukes idag, til 3D-kartløsninger med 3D-modeller av relevante objekter. På toppen av dette skal det innføres en mer utstrakt bruk av sanntidsdata. Dette er data som er hentet fra den fysiske stedet, og benyttes til å oppdatere den digitale tvillingen.



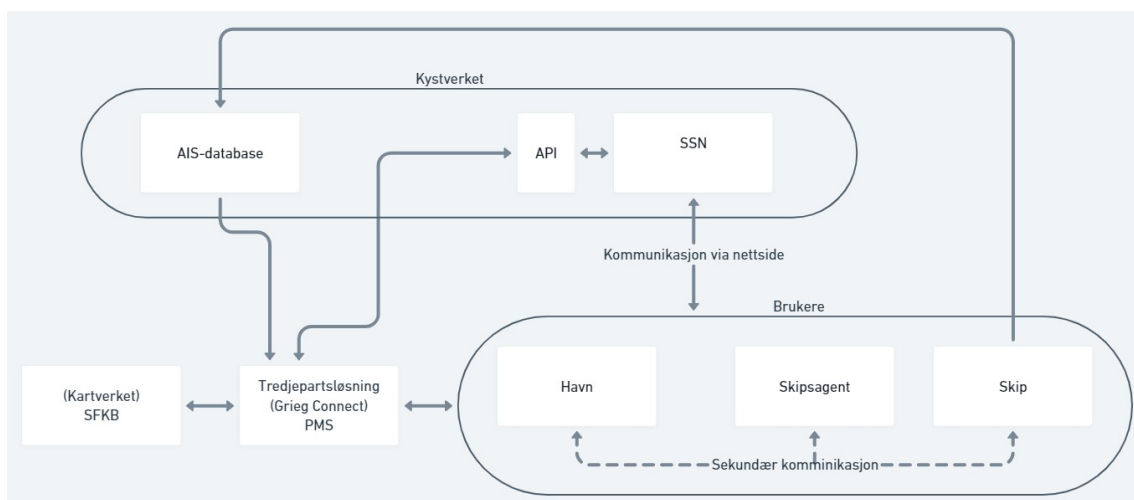
Figur 4: Skisse av dataflyt i PMS

#### 4.5 Overordnet flyt mellom delsystemer

I figur 5, kan vi se en overordnet skisse som beskriver hvordan de ulike delsystemene fungerer sammen. En mer detaljert beskrivelse av de ulike delsystemene er gjort i kapittel 4. I det overordnede perspektivet er det viktig å få frem at en tredjepartsløsning per i dag ikke kan erstatte behovet for direkte registrering i SSN, grunnet manglende juridisk avklaring [28].

Grieg Connect sin løsning står fremdeles sentralt, ettersom det er via denne at den digitale kaibe-stillingen skal gjennomføres. Slik det er nå, benytter brukerne Grieg Connect sin løsning til enkelte aksjoner, samtidig som de selv må gjøre enkelte registreringer direkte i SSN. Det benyttes også sekundære kommunikasjonsmidler internt mellom aktørene i form av e-post, og telefon. Selv om den nye løsningen er med på å redusere behovet for dette, er det lite sannsynlig at det forsvinner helt.

I kapittel 7 kommer vi tilbake til det overordnede perspektivet. Her legger vi frem et forslag til fremtidig struktur basert på det som har blitt presentert til nå, og funn som blir gjort i kapittel 5, og 6.



Figur 5: Skisse av overordnet dataflyt nå

---

## 5 Sensorer og digital tvilling

I forbindelse med prosjektet Havnedata ble en rekke brukerbehov i havn kartlagt. En av disse var at en digital tvilling av havneanlegget etter hvert ville bli nødvendig, spesielt for å legge til rette for den kommende etableringen av autonome systemer i havnen. Dette kan for eksempel være autonome kranoperasjoner eller bruk av autonome trucker [21]. Nytteverdien av en digital tvilling av et havneanlegg kan også sees fra et mindre åpenbart ståsted, gjennom et kaibestillings-perspektiv. I den anledning skal det i denne seksjonen argumenteres for nytteverdien av utveksling av sanntidsdata mellom skipsagent og havn ved en kaibestilling gjennom et eksempel, med hovedfokus på hvordan dette kan realiseres ved bruk av sensorer for datagenerering.

Ved en kaibestilling i dag må et større fartøy rapportere sin dypgang, altså hvor dypt skroget på fartøyet går ned under vann, via SafeSeaNet [4]. Dette fordi det er viktig at det er tilstrekkelig stor klarering mellom kjølen på fartøyet og høyeste punkt på havbunnen under, av sikkerhetsmessige årsaker. Denne avstanden refereres ofte til som *Under-Keel Clearance*, forkortet til *UKC*. Gitt at en har tilstrekkelig stor forståelse for hvordan havbunnen i og rundt havnen ser ut, så kan kontinuerlige målinger av hydrologiske og meteorologiske forhold legge til rette for maksimering av denne dypgangen på en sikker måte [10] [13].

Her er det først og fremst tenkt på, men ikke begrenset til, hvordan større skip kan maksimere for eksempel last av gods per anløp. Dette kan føre til store økonomiske og miljømessige besparelser. Nettopp disse gevinstene pekes på i en rapportasje gjort av Kartverket, der havneinspektør Stein Roger Bjørheim i Kristiansand Havn KF forklarer hvordan havnen til dels optimaliserer mengde last ombord på skipene som forlater Glencore Nikkelverk, basert på oppdaterte dybdedata i havnen [13]. Det spesifiseres her at den oppdaterte dybdedataen var en ny engangskartlegging av havbunnen i og utenfor havnen, som ble gjort av Kartverkets eget sjømålingsfartøy «Hydrograf». Denne nye oppmålingen av dybdedata ble gjort i 2020, og erstattet den tidligere dybdedataen som var datert tilbake til 2015.

På bakgrunn av dette, er Grieg Connect allerede i gang med å se på hvordan 3D- fortøyningsplaner kan implementeres via dybdedata ved kai [10]. Målet her er at en visuelt skal kunne se UKC når en planlegger bestilling av kai ved et havneanløp. Med slike virtuelle 3D representasjoner av et skip i det fysiske miljøet i kaien, basert på og kombinert med annen data fra SFKB, så er man på vei mot noe som etterhvert ligner en digital tvilling. Tilføres blant annet nyttige sanntidsdata, så kan det argumenteres for at man enda lengre på vei.

### 5.1 Forslag til sensorer og muligheter

Hydrologiske og meteorologiske parametre som vind, lufttrykk, tidevann og tidevannsstrømmer er i størst grad med på å bestemme havnivå i havn på kort sikt [20]. Kontinuerlige målinger av disse parametrene kan gjøres enten via ny IoT<sup>2</sup> sensorteknologi eller allerede oppsatte værstasjoner. Værstasjonene vil kunne måle de meteorologiske parametrene, mens sensorer som vannstandsmålere og vannstrømmålere muligens må brukes for å måle de hydrologiske parametrene som vannstand og havstrøm. Videre kan LIDAR-sensorer brukes for monitorering og kartlegging av havrommet i kaien. Her er det derimot i dag begrensinger i loven på slik detaljert modellering av havbunnen. Dette forklares nærmere i slutten av kapitlet.

Med disse målingene så kan den virtuelle UKC representasjonen fra Grieg Connect tilføres en ny dimensjon. Ikke bare kan UKC monitoreres i sanntid under selve lastingen av skipet, men historiske data kan brukes til å predikere hvordan forholdene i kaiene kommer til å være lengre fram i tid. Samtidig, siden målingene ikke er begrenset til havnivået alene, så kan det regnes på hvilke hydrodynamiske og aerodynamiske krefter som vil påvirke skipet, både i sanntid og i framtid ved opphold og innseiling til kai. Fremtidsaspektet er spesielt relevant da kaibestillingene ofte skjer i god tid i forkant av selve anløpet, men sanntidsaspektet er fremdeles like viktig da dette kan brukes for å monitorere UKC under en lasteoperasjon i sanntid. Legger en også inn for eksempel posisjonsdata fra AIS kombinert med enkle avstandssensorer i skjørttekanten ved kaien,

---

<sup>2</sup>Internet of Things

---

så kan det potensielt dannes nøyaktige sanntids-visualiseringer av oppførselen til fartøyet under en lasteoperasjon.

Sanntidsmålingene slik beskrevet over, er kun et lite utvalg av det som skal til for realisere en digital tvilling. Likevel kan det argumenteres for at en allerede fra disse kan se hvilken nytte en digital tvilling av et havneanlegg kan tilføre en digital kaibestilling. En fullverdig digital tvilling vil kunne brukes aktivt i planleggingen av hele anløpsprosessen. Med gode modeller av de fysiske prosessene, så kan simuleringer med predikerte hav- og værforhold samt angitt forventet dypgang, gjøres på forhånd. Dette kan videre brukes til å teste og vurdere ulike simulerte scenarier, og beslutte om det potensielt kan være rom for mer last ombord i skipet.

Dermed fungerer den digitale tvillingen som et verktøy for beslutningsstøtte og optimalisering, der økonomiske og miljømessige besparelser kan være vesentlige. Med visse sikkerhetsmarginer kan dette i tillegg føre til økt effektivitet og sikkerhet både for havn, skip og eventuelle tredjeparts-aktører som er involverte i planleggingen av anløpet. I tillegg, under opphold og operasjoner i kai, så kan aktiviteten som foregår i sanntid ved skipet, speiles i en virtuell virkelighet med den digitale tvillingen. Bruk av kunstig intelligens kan da være med å forutse farlige hendelser som kan oppstå basert på observerte mønstre fra historisk data, og varsle om disse før de potensielt inntreffer. Like fullt kan farlige hendelser tas høyde for allerede ved innledende simuleringer av fortøyningen.

## 5.2 Begrensninger

Det skilles i denne underseksjonen på det som oppfattes som begrensninger i dag, og det som kan defineres som utfordringer i videre arbeid. Her nevnes kun begrensninger, eller hindre per i dag for videre arbeid og utvikling av konseptet som beskrives. Videre arbeid og andre utfordringer vil adresseres nærmere i underseksjon 8.2.

I dag er dybdata med tettere oppløsning enn 50 m, fra territorialgrensen og helt inn til norskekysten, vurdert som KONFIDENSIELT etter sikkerhetsloven [8]. Ved bruk av tettere oppløsning på dybdata, må det sendes inn søknad om dette til Forsvaret. Dette gjør at mer detaljerte terrenmodeller av havbunnen i norske havner enn spesifisert her, per i dag er vanskelig å få til. Grieg Connect påpeker derimot i en av sine interne rapporter at denne grensen på et tidspunkt muligens vil settes ned til ca. 25 m [10]. Likevel vil dette sette begrensninger på hvor nøyaktig man kan representere havbunnen i en virtuell virkelighet i kontekst av digital tvilling.

---

## 6 Risikoanalyse

Hensikten med å gjennomføre en risikoanalyse er å kartlegge hvilke risikoer som befinner seg innenfor noen definerte rammer. På bakgrunn av de funnene som blir gjort har en mulighet til å foreslå tiltak som kan redusere sannsynlighet eller konsekvens. Dersom en ikke greier å redusere risikoen i tilstrekkelig grad, må en ta stilling til hvorvidt arbeidet kan fortsette til tross for dette. I så måte hjelper analysen beslutningstaker til å vurdere andre alternativer.

En full risikoanalyse av systemet som utgjør digital kaibestilling, er en oppgave som blir for stor for denne rapporten. Istedenfor har vi valgt å trekke frem enkelte risikoer vi mener kan være av interesse. Disse har blitt gruppert inn i kategoriene *feil i data*, *sensormanipulering*, og *arbeidsulykker*. En fremstilling av disse risikoene er gjort i figur 8, presentert i kapittel 7.

Dersom det skal utføres en mer fullstendig risikoanalyse, er skissene presentert i kapittel 4 et godt utgangspunkt. Pilene som beskriver dataflyten kan sees på som mulige angrepspunkt, og det samme gjelder boksene som samtidig sier noe om hvem som er ansvarlig for dataene på de ulike tidspunktene.

### 6.1 Feil i data

Ettersom denne rapporten har hatt et sterkt fokus på dataflyten i digital kaibestilling, er det naturlig å trekke frem noen av risikoelementene feil i data inkluderer. Motivet bak risiko-handlingene kan være ubevisst som følge av menneskelige feil, eller aktører som bevisst utnytter svakheter i systemet, slik som manglende tilgangskontroll. Sannsynligheten for at dette inntreffer er satt til høy.

Konsekvensene av feil i data er varierende fra trivielle problemer, til mer alvorlige dersom en tenker at autonome systemer skal benytte denne dataen som beslutningsgrunnlag. Det vil også medføre ekstraarbeid, ettersom feilene må rettes på, gitt at de oppdages. Konsekvensen av feil i data er satt til middels.

Ulike risikoer tilknyttet feil i data er beskrevet under. Dette er på ingen måte ment å være en utfyllende liste, men heller et innblikk i hva dette kan innebære.

1. Feilaktige endringer i SFKB som følge av manglende tilgangsstyring av brukere med redigeringsrettigheter.
  - Grieg Connect har mulighet til å oppdatere dataobjekter i SFKB. Dersom det ikke foreligger adgangsbegrensninger knyttet til dette, kan en kompromittert bruker føre til store feil i databasen.
  - SFKB benytter allerede automatiske sjekker for å validere data. Dersom det ikke allerede er implementert, bør det innføres adgangsbegrensning til hvilke objekter en bruker kan redigere.
2. AIS spoofing. Dette innebærer at en aktør benytter en AIS-sender til å bevisst angi feilaktig informasjon [2]. Dette kan være for å utgi seg som et annet skip, eller skape et ikke-eksisterende skip.
  - Verifisering kan motvirke bruken av dette angrepet for å skape ikke-eksisterende skip. En kan sjekke antall skip i havnen, for å bekrefte at dette stemmer overens med det som blir indikert av AIS.
  - En form for autentisering kan oppdage skip som ikke har den identiteten de utgir seg for å ha.
  - Historisk AIS-data kan også benyttes for å se sannsynligheten av at et skip oppgir korrekt data. Dersom et skip dukker opp av intet, indikerer dette et falskt skip, og tilsvarende dersom et skip bytter identitet.



- 
3. Order flooding. Et tenkt scenario der en kompromittert bruker med tilgang til bestillingssystemet legger inn reserverasjoner på alle tilgjengelige tidspunkt.
    - For å motvirke dette angrepet, bør bestillingssystemet ha terskelverdier for hva som er en normal mengde bestillinger fra en agent. Dersom denne verdien overstiges bør det sendes varsel til de aktuelle partene for å verifisere ordremengden, eller stenge brukeren ute fra systemet.
  4. Brukerfeil fører til at AIS sender feilaktig informasjon, slik som lengde og bredde på skipet. Dersom en baserer seg på at denne informasjonen er korrekt, kan dette få følge-feil i tildeling av kaiplass.
    - For å motvirke denne risikoen kan en benytte kameraer til å verifisere skipets størrelse. Dersom det ikke stemmer med den oppgitte AIS-daten bør det lagres i en oppslagstabell og meldes videre til de aktuelle partene. Det burde også være et insentiv for skipene å påse at AIS-dataen er korrekt.

## 6.2 Sensormanipulering

Ettersom vi trekker frem sensordata som en berikelse til systemet, er det også relevant å se på risikoer knyttet til dette. Sensordata skiller seg ut fra en del annen type data ved at det har et tydelig nærvær i det fysiske og digitale domenet. Dette øker angrepsflaten, ettersom det er mulig å manipulere den fysiske sensoren, så vel som dataen den produserer. Ettersom sensorer ofte benyttes til beslutningstaking, er det viktig å sikre at denne informasjonen er korrekt.

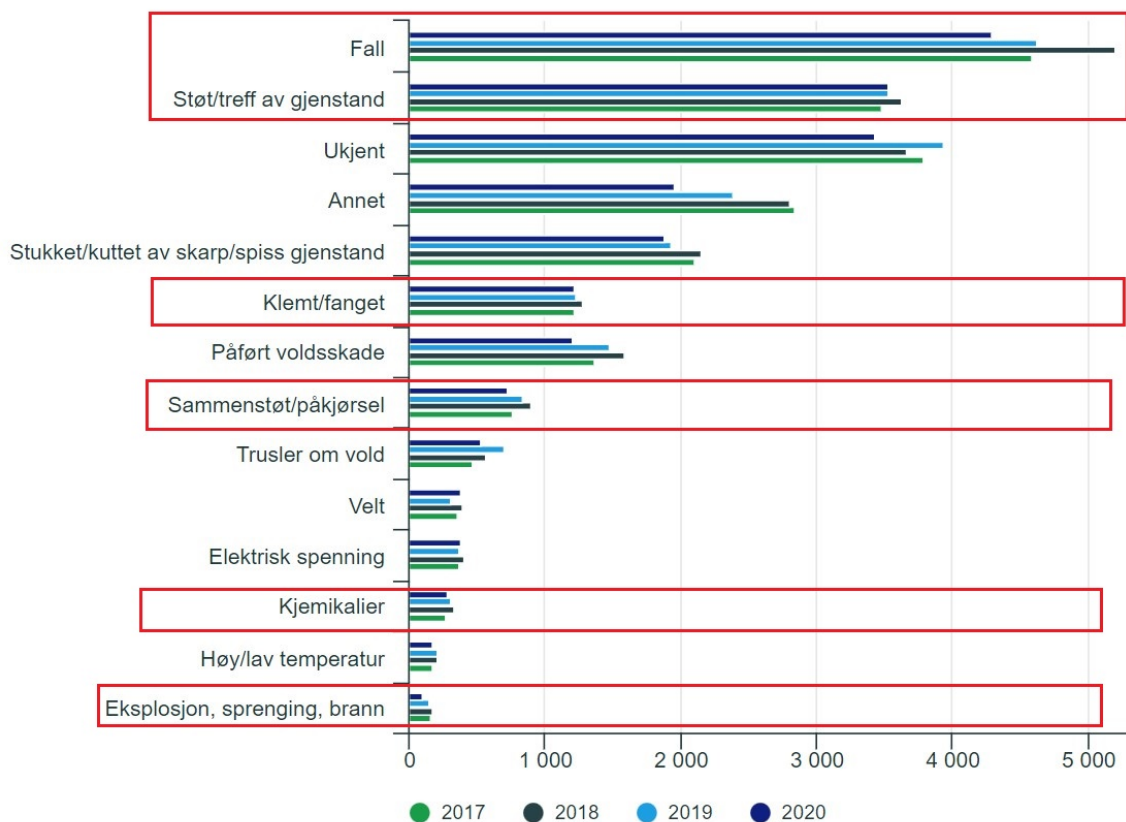
1. Fysisk manipulasjon av sensor for å påvirke innsamling av data.
  - For å redusere konsekvensen for fysisk manipulasjon er det viktig å ta høyde for dette i utplasseringen av sensoren, med tanke på allmenn tilgjengelighet. Videre bør det foreligge en form for varslings, som fanger opp at en sensor oppfører seg unormalt.
2. Digital manipulasjon av sensordata.
  - For å sikre seg mot angrep i det digitale, er det anbefalt å følge standarder. Eksempel på dette i forbindelse med sensorer er Purdue-referansearkitekturen.
3. Varierende kvalitet på desentralisert lagringsløsning av sensordata.
  - For å unngå redusert kvalitet i en desentralisert løsning, bør de ansvarlige havnene følge standarder for lagring av data.
  - Sentralisering av sensordata kan bidra til å øke kvaliteten på tilsvarende måte som SFKB har gjort for kartdata. En mulig løsning kan være direkte opplasting til SFKB, eller ansvarsoverføring til en tredjepartsleverandør slik som Grieg Connect.

## 6.3 Arbeidsulykker i kai

I havner utføres det ofte store operasjoner som for eksempel flytting av containere, lastebiler som laster og loss, påfyll av store mengder brannfarlig drivstoff, tung trafikk osv. Dette er operasjoner som medfører en viss risiko, og ifølge SSB er de fleste arbeidsulykkene knyttet til fall, støt/treff av gjenstand, klemulykke og påkjørsel [31]. En oversikt over dette er vist i figur 6. Mange av de overnevnte ulykkene er knyttet til havnearbeid, selv om sannsynlighet for at slike ulykker inntreffer er lav, er konsekvensene store. Det er derfor viktig å iverksette preventive tiltak for å unngå disse ulykkene.

I byggbransjen benyttes ofte sikkerhetssoner til å dele opp arbeidsplassen i trygge og farlige områder. I tillegg må alle som jobber eller besøker innenfor bygge- og anleggsplasser registrere seg med HMS-kort [1]. Som et forebyggende tiltak i forbindelse med digital kaibestilling, ved hjelp av GPS og sammen med kamera kan en mobilapplikasjon benyttes for å varsle brukeren

om nåværende soneinndeling i havnen. Applikasjonen vil fungere som et digitalt HMS-kort, som vil kunne gi varsler når brukeren befinner seg i farlige områder. Utstrakt bruk av applikasjonen i havneområdet vil også kunne gi varsel til de som utfører farlig arbeid, dersom en ukjent bruker befinner seg i faresonen. Ulemper med tiltaket vil være at brukeropplysninger samles og lagres, og den gjennomfører kontinuerlig overvåking på folk i havn. Det er da viktig at applikasjonsløsningen er robust nok mot et eventuelt dataangrep og misbruk av sensitiv data. Forslag til løsning som nevnes her kan mulig skaleres til å integreres i en digital tvilling.



Figur 6: Antall arbeidsulykker i Norge 2017-2020, etter type ulykke

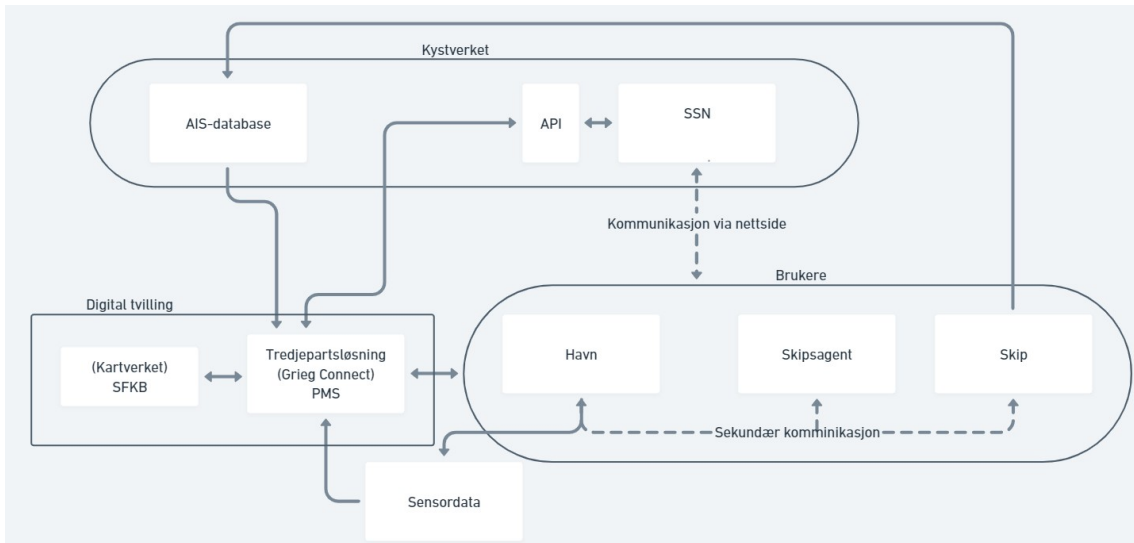
## 7 Resultater

Med utgangspunkt i den eksisterende situasjonen presentert i kapittel 4, og det vi kom frem til i kapittel 5 og 6, ønsker vi å presentere et forslag til en fremtidig løsning som kan innholde bruk av digital tvilling. Denne strukturen er illustrert i figur 7. Den beholder i all hovedsak den nåværende strukturen, med unntak av et tillegg av sensordata som forvaltes mellom havnen og Grieg Connect. Det er også presisert hvor kjernen til den digitale tvillingen er. SFKB kan bli sett på som den første iterasjonen av digital tvilling for havn. Den videre utviklingen av digital tvilling har et naturlig forankringspunkt i PMS, der koblingene mot SSN, AIS, og sensordata tar rolle som input.

I den fremtidige løsningen er kommunikasjonen mellom brukergruppen og SSN begrenset til registrering av pliktig data, mens kaibestilling kan gå via Grieg Connect. Det bør likevel være mulig for brukere å registrere data direkte i SSN, uten at dette medfører en dårligere tjeneste fra Grieg Connect. For at dette skal være mulig må Grieg Connect ha mulighet til å ha leserettigheter til den aktuelle data i SSN.

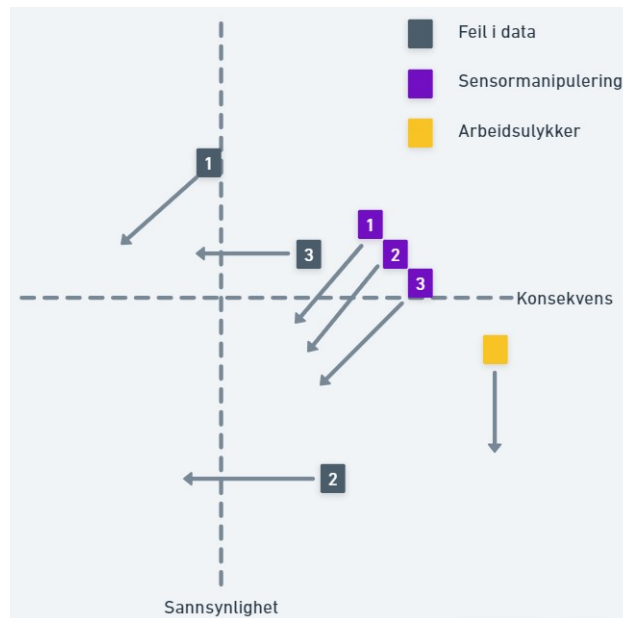
I nær fremtid vil også Kartverket og Kystverket benytte den samme navnekonvensjonen for havnene, slik at det ikke lengre er behov for koblingstabeller mellom de to aktørene. Dette er et arbeid som allerede er i gang som en del av registreringsinstruksen[11]. Den nåværende versjonen er 2.01,

men det jobbes aktivt mot versjon 3.0. I denne instruksen er det mulig for havner å registrere sitt lokale navn, sammen med et tilhørende standardisert navn.



Figur 7: Skissering av fremtidig løsning med digital tvilling

Figur 8 illustrerer risikoene, med tilhørende tiltak slik de ble presentert i kapittel 6. Figuren viser konsekvens som er økende langs x-aksen, mens sannsynlighet er økende langs y-aksen. På grunn av manglende datagrunnlag til å vurdere graden av sannsynlighet og konsekvens kvantitativt, bør ikke plasseringen av risikoene i figuren vektlegges i for stor grad. Det er av større interesse å se hvordan tiltakene bidrar til å redusere risikoene i ønsket retning. Det fremkommer av figuren at tiltakene vi foreslår kan bidra til å redusere risikoen til samtlige risikomomenter.



Figur 8: Risikomatrise

---

## 8 Diskusjon

### 8.1 Samfunnsnytte

Innledningsvis ble det kort pekt på tidsbruken og kostnadene ved dagens måte å bestille kai på. For å gjengi disse litt mer utfyllende, skriver Grieg Connect i en intern rapport at det i snitt sendes 117 e-poster med en behandlingstid på ca. 3 minutter per e-post. Total administrativ behandlingstid blir da ca. 17 timer, og det anslås forsiktig at det er 3 involverte aktører under en slik bestilling. I den anledning gis det en nøktern utregnet besparelse på 50% i tidsbruk ved innføring av digital kaibestilling. Med en tidskostnad på 4300 kr/anløp, estimerte timekostnader på 500 kr/t og ca. 57.000 årlige anløp fordelt på de 9 havnene som deltar i prosjektet Havnedata. Sett over et 10-års perspektiv; så foreligger det her en økonomisk besparelse på ca. 2,5 milliarder kroner [10].

Integrasjon av digital kaibestilling i en digital tvilling av et havneanlegg medfører også en rekke goder for samfunnet som helhet. Det er tidligere i rapporten pekt på hvordan digital tvilling kan brukes i hele planleggingsprosessen av et havneanløp, fra kaibestilling til lasteoperasjon ved kai, og hvordan dette kan føre til frakt av mer gods per anløp. Dette fører til økonomiske besparelser for alle involverte aktører, og kanskje enda viktigere, reduserte klimagassutslipp dersom det antas at dette resulterer i færre anløp. I en studie fra 2018 gjort av Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO, heter det at skipsfarten stod for 2,89% av verdens klimagassutslipp i inneværende år [24]. Dermed blir det tydelig at kutt i klimagassutslipp i maritim sektor vil være viktig for å nå målet om netto-null klimagassutslipp innen 2050, satt av FN [29].

I figur 6 ble statistikk på vanlige arbeidsulykker i Norge presentert. Mange av disse er relevante ved operasjoner i kaiområder, som for eksempel klem- og støtskader ved lasteoperasjoner. Da digitale tvillinger i stor grad vil muliggjøre bruk av autonome systemer i havneområdet, kan mennesker i større grad fjernes fra den umiddelbare, fysiske nærhet til disse operasjonene. Med andre ord, så kan stadig flere risikofylte og tunge jobber i havneområdet gjøres av autonome systemer, som frigjør menneskelig arbeidskraft til andre og mer kreative arbeidsoppgaver [23]. Samfunnsnyttan kan da potensielt sees i form av reduserte tall på arbeidsulykker i havn, samt reduserte tall på slitasje- og yrkesskader som følge av fysisk belastende karrierer ved havneanleggene. På en annen side, så vil også bruk av autonome systemer tilføre en viss risiko til havneområdet. Disse systemene skal kunne ta høyde for en rekke uante situasjoner under operasjon. Dersom de ikke er i stand til å vurdere når de befinner seg i en farlig situasjon og handle riktig deretter, vil det i verste fall kunne få fatale følger. Et eksempel på dette kan være påkjørsel av mennesker i havn med en autonom truck.

### 8.2 Fremtidig arbeid

Å få på plass en digital kaibestilling er en av prioritene hos Kartverket og Grieg Connect i dag. Det jobbes målrettet, og vi som studentgruppe har forsøkt å bidra spesifikt inn mot dette ved å produsere skisser av hvordan de ulike delsystemene i dag samhandler, og hvordan de potensielt kan samhandle i en fremtidig løsning. Dette tror vi Kartverket vil ha stor nytte av, ettersom Kartverket i tidlig fase av prosjektet meddelte at de manglet tydelige skisser som viste samhandlingen mellom delsystemene. Bestilling av kai gjøres av skipsagenten og det er havnen som skal vurdere disse bestillingene, ettersom vi ikke har vært i kontakt med denne brukergruppen, er det viktig å inkludere dem i prosessen videre. Denne manglende kontakten anser vi som en svakhet i rapporten, ettersom vi kan ha gått glipp av verdifull innsikt.

For å ta digital kaibestilling videre noen hakk, har det i rapporten blitt foreslått bruk av digital tvilling. I den anledning har vi kommet med forslag til sensoroppsett for innhenting av data for en liten del av et havneanlegg, slik det ble beskrevet i seksjon 5. Det understrekes her at dette oppsettet bare er et forslag, og i så måte må tolkes som et mulig utgangspunkt for videre arbeid for datainnhenting. Som nevnt, er bruk av sensorer bare en liten del av det som trengs for å realisere en fullverdig digital tvilling. Rasheed et al. peker på en rekke utfordringer og muliggjørende teknologier som står sentralt for å oppnå en digital tvilling som er nær identisk med den fysiske ressursen den gjenspeiler [23]. Matematiske, fysiske og data-drevne modeller, infrastruktur for datainnsamling

---

og håndtering, storskala dataprosessering og grensesnitt for menneskelig interaksjon er noen av nødvendighetene og utfordringene som nevnes.

For å møte disse utfordringene, foreslås blant annet teknologier som 5G, hybride analyser og modellering, edge- og cloud-computing og HMIer<sup>3</sup>. Dette blir dermed områder som må sees nærmere på dersom implementasjon og bruk av digital tvilling i havneanlegg skal være realistisk. Her kan de ulike områdene undersøkes nærmere og muligens implementeres sekvensielt, slik at en gradvis konvergerer mot en fullverdig digital tvilling. I første omgang vil det være naturlig å se på hvordan man kan sette opp infrastruktur for datahåndtering, altså hvordan denne samles inn, hvordan og hvor den prosesseres, og hvor den lagres. Dette vil være et minimumskrav for å kunne nytte seg av sanntidsdata som blir generert av sensoroppsettet. Her kan det påpekes at dette må skje på en sikker måte, og det er viktig at cybersikkerhet står sentralt gjennom hele utviklingsprosessen. Derfor anbefaler vi å jevnlig gjennomføre risikoanalyser, ettersom integrasjon av ulike teknologier kan åpne opp for nye trusler. Ved å jevnlig kunne identifisere og analysere disse potensielle truslene, kan aktørene redusere virkningen av de negative hendelsene ved å stille seg bedre forberedt.

Sannsynligheten som nevnes for at de uønskede hendelsene i kapittel 6 forekommer, er noe brukergruppene burde se nærmere på. Brukergruppene sitter på langt mer erfaring enn det vi har, og har forhåpentligvis mer datagrunnlag de kan benytte seg av til å vurdere sannsynligheten for at risikoene inntreffer. En annen ting som også kan være lurt, er å kartlegge om tiltakene som nevnes i kapittel 6 allerede er implementert, og eventuelt legge til flere relevante tiltak som kan hindre konsekvensene av hendelsene. I tillegg kan brukegruppene dra stor nytte av å gjennomføre en fullstendig risikoanalyse basert på skissene presentert i kapittel 4. I disse skissene er det svært relevant å se hvordan eventuelle feil eller mangler på data som blir sendt fra de ulike punktene påvirker systemet som helhet.

Innledningsvis i rapporten ble det nevnt at andre definisjoner av en digital tvilling vektlegger dataflyt mellom det virtuelle og det fysiske systemet. Til nå har fokuset primært vært på dataflyten i retning fysiske ressursen til digital tvilling, og ikke motsatt. Til tross for dette, vil dataflyt i begge retninger være essensielt for en funksjonell digital tvilling. Her spiller kontrollsystemer en viktig rolle.

Som et eksempel kan vi se på de autonome systemene som etter hvert fases inn i havneanlegg. Her vil det være nødvendig at sensordata rundt om i havnen blir tilgjengelig for kontrollsystemene og styringsalgoritmene, som igjen kontrollerer de autonome enhetene. I tillegg må det være en mulighet for å sette ulike parametere og påvirke driften av disse autonome systemene. Dette kan med fordel gjøres via en HMI i et kontrollrom, enten ved havneanlegget eller via fjernstyring. Dette forutsetter dataflyt fra den digitale tvillingen til den fysiske ressursen.

---

<sup>3</sup>Human Machine Interface

---

## Referanser

- [1] Arbeidstilsynet. *HMS-kort*. 2022. URL: <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-kort/>. (hentet: 03.05.2022).
- [2] Tom Bateman. *HMS Defender: AIS spoofing is opening up a new front in the war on reality*. 2021. URL: <https://www.euronews.com/next/2021/06/28/hms-defender-ais-spoofing-is-opening-up-a-new-front-in-the-war-on-reality>. (hentet: 03.05.2022).
- [3] Grieg Connect. *Port - An all-in-one port management system*. URL: <https://krakentools.com/products/port/>. (hentet: 29.03.2022).
- [4] Grieg Connect. *WP5.1 Port management system - Report (internt dokument)*. (hentet: 01.03.2022).
- [5] EU. *DIRECTIVE 2010/65/EU, reporting formalities for ships arriving in and/or departing from ports of the Member States*. 2019. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/65/2019-12-21>. (hentet: 22.03.2022).
- [6] Bergen Havn. *18 millioner kroner til felles digital infrastruktur*. 2021. URL: <https://bergenhavn.no/9501-2/>. (hentet: 22.03.2022).
- [7] Kartverket. *Innføring av Sentral felles kartdatabase i kommunene*. URL: <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/sfkb/innforing-av-sentral-kartdatabase-i-kommunene>. (hentet: 06.04.2022).
- [8] Kartverket. *Kartlegging, forvaltning og formidling av dybde data*. 2022. URL: [https://www.norkyst.no/docs/Statens\\_Kartverk\\_Sjoekartlegging\\_og\\_tilgjengeliggjoring\\_av\\_dybdedata.pdf](https://www.norkyst.no/docs/Statens_Kartverk_Sjoekartlegging_og_tilgjengeliggjoring_av_dybdedata.pdf). (hentet: 03.05.2022).
- [9] Kartverket. *Kystverket*. 2022. URL: <https://www.kartverket.no/om-kartverket>. (hentet: 06.04.2022).
- [10] Kartverket. *Norsk digital havneinfrastruktur (internt dokument)*. Kartverket, 2020. (hentet: 30.03.2022).
- [11] Kartverket. *Registreringsinstruks for havnedata*. Versjon 2.01. 2021. URL: <https://register.geonorge.no/subregister/versjoner/nasjonale-standarder-og-veiledere/kartverket/kartleggingsinstrukser/kartverket/registreringsinstruks-for-havnedata>. (hentet: 04.05.2022).
- [12] Kartverket. *Sentral felles kartdatabase (SFKB)*. URL: <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/sfkb>. (hentet: 22.03.2022).
- [13] Kartverket. *Sikre og effektive havner*. 2022. URL: <https://www.kartverket.no/til-sjosjokartkonferansen/sikre-og-effektive-havner>. (hentet: 02.05.2022).
- [14] Norvald Kjerstad. *AIS*. 2021. URL: <https://snl.no/AIS>. (hentet: 29.03.2022).
- [15] Werner Kritzinger mfl. «Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification». I: *IFAC-PapersOnLine* 51.11 (2018). 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018, s. 1016–1022. ISSN: 2405-8963. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318316021>.
- [16] Kystverket. *AIS - Automatisk identifikasjonssystem*. URL: <https://www.kystverket.no/navigasjonstjenester/ais/ais-artikkelside/>. (hentet: 29.03.2022).
- [17] Kystverket. *Havner og anløpspunkter langs kysten*. URL: <https://www.kystverket.no/sjotransport-og-havn/sjotransport/havner-og-anloppspunkter-langs-kysten/>. (hentet: 30.03.2022).
- [18] Kystverket. *Om SafeSeaNet Norway*. URL: <https://www.kystverket.no/sjotransport-og-havn/safeseanet-norway/om-safeseanet-norway/>. (hentet: 22.03.2022).
- [19] Kystverket. *Tilskudd til investering i effektive og miljøvennlige havner*. URL: <https://www.kystverket.no/sjotransport-og-havn/tilskuddsordninger/tilskudd-til-investering-i-effektive-og-miljovennlige-havner/>. (hentet: 30.03.2022).
- [20] Store Norske Leksikon. *Havnivå*. 2020. URL: <https://snl.no/havniv%C3%A5>. (hentet: 02.05.2022).
- [21] Norkart Maléne Peterson. «Kartlegging av brukerbehov i havn». I: 1.01 (2021). URL: <https://www.geonorge.no/globalassets/geonorge2/arkiv/rapport---kartlegging-av-brukerbehov-i-havn---versjon-1.01.pdf>.

- 
- [22] Tor Inge Miljeteig. *Intervju gjennomført med Kystverket, om bruk av SSN*. 2022. (utført: 14.03.2022).
- [23] Adil Rasheed, Omer San og Trond Kvamsdal. «Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective». I: *IEEE Access* 8 (2020), s. 21980–22012. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2970143.
- [24] Regjeringen. *Grønnere og smartere – morgendagens maritime næring*. 2021. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-10-20202021/id2788786/?ch=4>. (hentet: 03.05.2022).
- [25] Regjeringen. *Kystverket*. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dep/nfd/org/etater-og-virksomheter-under-narings--og-fiskeridepartementet/Subordinate-agencies-and-institutions/kystverket/id2893239/>. (hentet: 06.04.2022).
- [26] Regjeringen. *Norges kyst og havområder*. 2021. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/naturmangfold/innsiktsartikler-naturmangfold/hag-og-kyst---behov-for-a-sikre-artismangfold/id2076396/>. (hentet: 22.03.2022).
- [27] Regjeringen. *NOU 2004: 21, Erstatningsansvar ved sjøtransport av farlig gods*. 2004. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2004-21/id387683/sec10>. (hentet: 22.03.2022).
- [28] Anne Cecilie Rueness og Dag Erik Henriksen. *Intervju gjennomført med Grieg Connect, om deres rolle i digital kaibestilling*. 2022. (utført: 15.03.2022).
- [29] FN-Sambandet. *Stoppe klimaendringene*. 2022. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>. (hentet: 03.05.2022).
- [30] Samferdselsdepartementet. *Meld. St. 33 (2016-2017), Nasjonal transportplan 2018–2029*. 2017. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/>.
- [31] SSB. *Fall vanligste arbeidsulykke*. 2021. URL: <https://www.ssb.no/helse/helseforhold-og-levevaner/statistikk/arbeidsulykker/artikler/fall-vanligste-arbeidsulykke>. (hentet: 03.05.2022).
- [32] Statistisk sentralbyrå SSB. *Gods transportert til og fra de største norske havnene 4. kvartal 2021*. 2022. URL: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/sjotransport/statistikk/godstransport-pa-kysten>. (hentet: 22.03.2022).
- [33] Hege Berg Thurmann. *Intervju gjennomført med prosjekteier i Oslo FK havn, om hennes rolle i digitalisering av havn*. 2022. (utført: 11.03.2022).