



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

BYGA2900 – BACHELOROPPGAVE

10041

Tilstandsovervåkning av ferjekaier

En analyse over skadeutvikling

Totalt antall sider inkludert forside og vedlegg: 64

Mai 2022

Emil Najdorf

Ingeniørfag, bygg

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for havromsoperasjoner og byggeteknikk

Veiledere: Torodd Skjerve Nord - Bartosz Siedziako - Aksel Fenerci

Medveileder: Lars Walle

24. Mai 2021



OBLIGATORISK EGENERKLERING

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>



Kunnskap for en bedre verden

TITTEL:

Tilstandsovervåkning av ferjekaier

KANDIDATNUMMER(E):

10041

DATO:

24.05.2022

EMNEKODE:

BYGA2900

EMNE:

Bacheloroppgave

DOKUMENT TILGANG:

STUDIUM:

Bachelor i ingeniørfag, Bygg

ANT SIDER/VEDLEGG:

50/1

BIBL. NR.:

VEILEDER(E) :

Torodd Skjerve Nord (NTNU)

Bartosz Siedziako (NTNU)

Aksel Fenerci (NTNU)

Lars Walle (MR Fylke)

SAMMENDRAG:

Denne rapporten er en statistisk analyse av tilstanden til et utvalg av ferjekaier i Møre og Romsdal Fylke. Det blir sett på hvordan skader har utviklet seg over tid, hvordan de er oppdaget, og undersøke mulige årsaker til utviklingen.

Skadedataene som er benyttet i analysen er hentet ut fra databasen til Statens Vegvesen ved navn Brutus.. Dataene blir behandlet i Excel for så å bli visualisert. Presenteringen av resultatene tar form i ulike diagrammer som viser diverse informasjon om Skader. Ut ifra disse resultatene har det særlig kommet frem betydelige skjevfordelinger av skadedataene mellom de observerte ferjekaiene og opphavsår til skadene.

Videre blir det gjennomført en inspeksjon hvor det har vært mulig å observere skadevurderingsprosessen til ferjekaier i praksis, samtidig som en samtale med bruinspektør gir flere oppklaringer.

Resultatene og observasjoner fra inspeksjonen blir diskutert med grunnlag i bakgrunnsteorien for å utforske mulige forklaringer. Noen sentrale konklusjoner i rapporten er at en gruppe av de utvalgte ferjekaiene som har et større skadeomfang, kan forklares av stor aldersforskjell fra de resterende kaiene, og at skjevfordelingen av opphavsår kan komme av endret praksis i inspeksjonsprosessen som har tredd i kraft i denne perioden.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

FORORD

Jeg vil gjerne takke til min veileder Torodd Skjerve Nord, som introduserte meg til denne oppgaven i februar. Idéen om denne oppgaven kom som et utsprang fra et forskningsprosjekt som NTNU har angående tilstandsovervåking av ferjekaier. Vi har samarbeidet med Møre og Romsdal Fylkeskommune som har vært oppdragsgiver sammen med NTNU.

Takk til Lars Walle fra Møre og Romsdal Fylkeskommune, som veiledet meg for inspeksjonsdelen i denne oppgaven. Det har vært en spennende og innsiktsfull del av arbeidet, og jeg fikk gode erfaringer som jeg tok med meg videre.

Jeg vil også takke Bartosz Siedziako og Aksel Fenerci, som var med på inspeksjonen og har bistått med god veiledning i slutfasen. Veiledningen i denne oppgaven har vært god, og jeg har jevnlig fått gode svar og oppklaringer på spørsmålene mine underveis.

Mye lærdom har kommet ut fra denne prosessen, samt fått benyttet mye av mine egenskaper jeg har tilegnet gjennom studiet.

For meg var dette var en givende oppgave som satte søkelys på et viktig tema. Takk for et godt samarbeid med Møre og Romsdal Fylkeskommune, som lot meg få ta del i en inspeksjon av ferjekai, der jeg fikk erfart svært mye lærdom og innsikt som jeg har benyttet til denne analysen. Dette var en veldig spennende del av oppgaven min.

En stor takk til Statens Vegvesen som har gitt meg tilgang til databasen Brutus, som har vært utgangspunktet for å utføre denne analysen.

Ålesund 23.05.2022



Emil Najdorf

INNHold

SAMMENDRAG	VI
ABSTRACT	VII
1 Innledning og formål	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 FORMÅL	1
1.3 AVGRENSNINGER	1
1.4 RAPPORTENS STRUKTUR	2
2 TEORETISK GRUNNLAG.....	5
2.1 Ferjekaias oppbygning	5
2.1.1 Ferjekai:	5
2.1.2 Fenderverk:.....	5
2.1.3 Tilleggskai	8
2.1.4 Brubås.....	9
2.1.5 Landkar, overgangsplate og friksjonsplate	9
2.1.6 Fundamentering.....	10
2.4 Inspeksjon av ferjekai – Grunnleggende teori.....	11
2.4.1 Bruinspeksjon	12
2.4.2 Skadevurdering.....	12
2.4.3 Bruforvaltning:	17
3 METODE	18
3.1 Utvalg	18
3.2 Tilgang til Brutus.....	21
3.3 Datainnhentningskriterium:	21
3.4 Databehandling.....	22
3.3 Statistisk analyse:	23
4 RESULTAT.....	25
4.1 Skader over tid.....	25
4.2 Skadetyper	26
4.3 Skadegrad	30
4.4 Skadekonsekvens.....	31
4.4.1 Konsekvenstyper	31

4.4.2	Konsekvensgrad	32
5	Inspeksjon av ferjekai.....	34
5.1	Skadevurdering i praksis	34
5.2	Skadeeksempel	35
5.2.1	Aukra.....	35
5.2.2	Småge	37
5.3	Samtale med inspektør	38
6	DISKUSJON	40
6.1	Skader over tid.....	40
6.2	Skadetyper	41
6.3	Skadegrad	41
6.4	Skadekonsekvens.....	42
6.4.1	Konsekvenstype.....	42
6.4.2	Konsekvensgrad	43
	EGENVURDERING	45
7	KONKLUSJON.....	46
	VIDERE STUDIER	48
	REFERANSELISTE	49
	VEDLEGG	50

SAMMENDRAG

Denne rapporten er en statistisk analyse av tilstanden til et utvalg av ferjekaier i Møre og Romsdal Fylke. Det blir sett på hvordan skader har utviklet seg over tid, hvordan de er oppdaget, og undersøke mulige årsaker til utviklingen.

Skadedataene som er benyttet i analysen er hentet ut fra databasen til Statens Vegvesen ved navn Brutus. Disse dataene er innhentet for å undersøke flere faktorer som utgjør en skade. Dataene blir behandlet i Excel for å skille faktorene fra hverandre for så å bli visualisert. Presenteringen av resultatene tar form i ulike diagrammer som viser informasjon om de forskjellige skadedataene, hvordan disse er fordelt mellom hver ferjekai og hvordan de har utviklet seg over et bestemt tidsrom. Ut ifra disse resultatene har det særlig kommet frem betydelige skjevfordelinger av skadedataene mellom de observerte ferjekaiene og opphavsår til skadene. Dette gir grunnlag for å undersøke mulige forklaringer eller årsaker.

Videre blir det gjennomført en inspeksjon hvor det har vært mulig å observere skadevurderingsprosessen til ferjekaier i praksis, samtidig som en samtale med bruinspektør gir flere oppklaringer.

Resultater fra diagrammene og observasjoner fra inspeksjonen blir diskutert med grunnlag i bakgrunnsteorien for å utforske mulige forklaringer. Noen sentrale konklusjoner i rapporten er at en gruppe av de utvalgte ferjekaiene som har et større skadeomfang, kan forklares av stor aldersforskjell fra de resterende kaiene, og at skjevfordelingen av opphavsår kan komme av endret praksis i inspeksjonsprosessen som har tredd i kraft i denne perioden.

ABSTRACT

This report is a statistical analysis of the conditions of a selection of ferry docks in Møre og Romsdal County. It is observed how damages have developed over time, how they have been discovered and investigate possible causes of the development.

The data which represent the damages in this analysis is collected from the database called Brutus operated by Statens Vegvesen. This data is collected for the purpose of investigating several underlying factors behind a damage. The data is processed in Excel to separate the factors from each other and then visualized. The presentation of the results takes form in several diagrams which shows information concerning the different types of damage data, how these are distributed among each dock and how it has developed over a certain timeframe. Based on presented results, significant skewed distributions of the damage data among the ferry docks and the year of damage origin have emerged. This provides the basis for investigating possible explanations and causes.

Furthermore, an inspection is carried out where it has been possible to observe the damage assessment process for ferry docks in practice, at the same time as a conversation with the bridge inspector is providing several clarifications.

Results from the diagrams and observations from the inspection are discussed on the basis of the background theory to explore possible explanations. Some key conclusions in the report are that a group of the selected ferry docks which have a greater extent of damage can be explained by a significant age difference from the remaining quays, and that the skewed distribution of damage origin years may be due to changed practice in the inspection process that has started during this period.

FIGURLISTE

Figur 1 – Rekker med fenderverk på tilleggskai. Hentet fra V431 [2].	6
Figur 2 – Energiopptak av fenderverk. Hentet fra V431 [2].	7
Figur 3 – Oppbygning av bunnfundamentert fenderverk. [2].	8
Figur 4 – Konstruksjonselementer til ferjekai. Tilleggskai er øverst på figur.	8
Figur 5 – Hvordan landkar, overgangsplate og friksjonsplate er sammensatt.	9
<i>Figur 6: Sammendrag bruinspeksjonsprosessen. Hentet fra V441 Bruinspeksjon 2019 [3]. ..</i>	<i>12</i>
Figur 7 - Ferjekaiene i området Nordøyane. Kart fra Brutus.	18
Figur 8 – Ferjesambandet Magerholm – Ørsneset. Kart fra Brutus.	19
Figur 9 – Ferjesambandet Kvanne – Rykkjem. Kart fra Brutus.	20
Figur 10 – Databehandlingsprosessen fra Brutus til diagram.	22
Figur 11 – Et skjermbilde av noen av matrisetabellene i Excel.	23
Figur 12 - Det totale antallet skader som er innhentet fra perioden 2017-2021 for alle ferjekaiene.	25
Figur 13 - Linjediagrammet viser hvor mye skadene har økt fra 2017-2021 for hver ferjekai.	26
Figur 14 – Skadetyper fordelt på skadegrad 1-4 for hver ferjekai.	27

Figur 15 – Antall skadetyper.....	28
Figur 16 – Dette diagrammet presenterer antall av skadetyper, etter at SG1 er utsilt.	29
Figur 17 – Figuren viser hvordan skadegradene er fordelt for hver ferjekai.	30
Figur 18 – Fordelingen av konsekvenstypene for hver ferjekai.	31
Figur 19 – Linjediagrammet viser hvordan frekvensutviklingen av konsekvenstypene har foregått over perioden 2017-2021.	32
Figur 20 - Det tredimensjonale stolpediagrammet viser hvordan skadekonsekvensene er fordelt med konsekvensgraden satt.	33
Figur 21 – En tydelig deformasjon i form av knekking på steget. Foto fra inspeksjon.	36
Figur 22 – Tilsvarende deformasjon på motsatt side av landkaret. Foto fra Inspeksjon.....	37
Figur 23 - Småge ferjekai – Venstre: Svært korrodert og gammelt fenderverk. Høyre: Armeringskorrosjon på undersiden og skjev betongplate. Foto fra inspeksjon.	38

TABELLISTE

Tabell 1 – Skadetyper. Hentet fra V441 [3]..... 14

1 INNLEDNING OG FORMÅL

Ferjekaier og bruere spiller en svært stor rolle for infrastrukturen på kysten. Dette er konstruksjonene som blant annet fører byer, bygder, riks- og fylkesveier sammen. Øyer blir knyttet til land, og fjordene kan krysses istedenfor omkjøring. Det er infrastruktur samfunnet er avhengige av og de benyttes på daglig basis. Derfor er det svært viktig at disse vedlikeholdes på en trygg og forsvarlig tilstand.

Dette er en oppgave som skal analysere tilstanden og skadeutviklingen til ferjekaier i Møre og Romsdal fylke basert på informasjon fra databasen Brutus som Statens Vegvesen har gitt tilgang til.

1.1 BAKGRUNN

I Norge er det viktig å ha gode ferjeforbindelser for å sikre fremkomst og å knytte områder tettere sammen, spesielt langs kysten der fjorder og øyer er tallrike. Ferjekaier har vært en sentral del av kystens infrastruktur over mange år og har med det vært utsatt for mange kjente skader over tid. Disse må derfor vedlikeholdes på en god og forsvarlig måte for nåtiden og fremtidens bruk.

1.2 FORMÅL

I denne oppgaven vil det bli lagt et fokus på å undersøke tilstanden til et bestemt utvalg av ferjekaier i fylket. Formålet med dette er å undersøke hvordan skader har utviklet seg over tid, alvorligheten av disse, hvordan ferjekaiene varierer mellom seg og drøfte mulige årsaker. Oppgaven vil også utforske sammenhengen mellom skadeutvikling og inspeksjonsarbeidet for vedlikehold.

1.3 AVGRENSNINGER

Oppgaven vil sette søkelys på skadeutvikling for utvalgte ferjekaier i fylket, og hvordan prosessen for bruinspeksjon påvirker dette. Skadeutviklingen i denne oppgaven er avgrenset til å ta hensyn til faktorene tid, skadetyper, skadegrad og skadekonsekvens. Siden databasen som er benyttet i oppgaven er svært stor, er det utvalgt å analysere 10 ferjekaier i Møre og Romsdal fylke. Andre hensyn til skader som for eksempel skadeårsak vil ikke bli inkludert i denne oppgaven. Teori som understøtter bruinspeksjon, skadevurdering og konstruksjonsdeler til ferjekai vil bli presentert og legge grunnlaget. Laster og statistiske egenskaper til

kaikonstruksjoner vil ikke bli gjort rede for, samt spesielle tilfeller av bruinspeksjon og unntakstilfeller.

1.4 RAPPORTENS STRUKTUR

Rapporten er inndelt i 7 hovedkapitler og strukturen er som følgende:

Kapittel 1 – Innledning og formål

Rapporten starter med en kort innledning hvor oppgaven blir definert og formålet beskrevet.

Kapittel 2 – Teoretisk Grunnlag

I dette kapitlet blir det lagt frem det teoretiske grunnlaget for å kunne forstå og tolke analysene.

Kapittel 3 – Metode

Dette kapitlet beskriver metodene og fremgangen som er benyttet for å komme frem til resultatet.

Kapittel 4 – Resultat

Her blir rapportens resultater presentert oversiktlig.

Kapittel 5 – Inspeksjon av Ferjekai

Dette kapitlet beskriver erfaringer fra inspeksjon.

Kapittel 6 – Diskusjon

Her blir resultatene fra kapittel 4 og erfaringene fra kapittel 5 diskutert.

Kapittel 7 – Konklusjon

Rapporten avsluttes med konklusjoner.

TERMINOLOGI

Begreper

Fallport – Stål som fungerer som overgangsplate mellom ferje og ferjekaibru under last og loss.

Fenderverk – Energiabsorberende konstruksjon mellom ferje og kai.

Ferjekaibru – Kjørbar forbindelsesplate mellom ferje og kai

Friksjonsplate – Konstruksjon som gir ferjekaia kapasitet til å ta opp horisontale krefter der fundamentering direkte på berg ikke er mulig

Heisetårn – Oppheng for heving og senking på ferjekaibru.

Landkar – Konstruksjon som er overgang mellom ferjekaibru og land.

Låsehake – Sikring som er festet på fallport.

Overgangsplate – Betongplate som er festet til landkar, formålet er å redusere ulemper ved setning i vegfyllingen.

Puller – Element for å feste fortøyning

Recess – Understøtte til ferja for brufront.

Tilleggskai – En parallell kai som støtter opp til ferja når den legger til.

[1], [2]

Oppklaringer

Lepsøya/Løvsøya er to navnevarianter av samme ferjekai.

Forkortelser

SG – Skadegrad

KG - Konsekvensgrad

V – Skader med konsekvens for vedlikeholdskostnader.

B – Skader med konsekvens for bæreevne.

T – Skader med konsekvens for trafiksikkerhet.

M – Skader med konsekvens for miljø/estetikk.

Pr – per / for hver

f.eks. – For eksempel

2 TEORETISK GRUNNLAG

2.1 Ferjekaias oppbygning

2.1.1 Ferjekai

Ferjeleie er det begrepet som beskriver det generelle området som består av ferjekai, landområder og havneområder [2]. En ferjekai er en sammensetning av flere konstruksjonselementer som blant disse består hovedsakelig av tilleggs kai, ferjekaibru og landkar med utstyr (Figur 4).

Siden ferjekai er en overgangskonstruksjon fra land til sjø er det et stort behov for tverrfaglig samarbeid fra ulike fagmiljøer for å kunne ta hensyn til alle faktorer som spiller inn når det kommer til prosjektering, vedlikehold og drift [2]. Her er det svært viktig å ta hensyn til blant annet trafikkflyt, sikkerhet, grunnforhold, vær- og miljøforhold, samt logistikk, dybde og energibehov. En tilstrekkelig kartlegging av brukere og bruksbehovet er også svært viktig for å tilpasse løsninger, utforminger, flyt og drift.

Mange hensyn må bli tatt hensyn til ved planlegging av ferjekaier. Det krever en helhetlig forståelse fra de ulike fagområdene for å oppnå en stabil ferjekai som kan stå opp imot de forholdene den måtte bli utsatt for. For en ting er typisk for ferjekaier, det er at de utsettes stadig for enorme fysiske påkjenninger i mange former, svært ofte og over lang tid. Stadige støt fra store ferjer flere ganger daglig, trafikklast fra tunge kjøretøy, store perioder med kraftig uvær, et fuktig marint miljø som kan virke korrosjonsfremmende og nedslitende og i tillegg andre ulykker og påkjenninger som uforutsett kan oppstå [2].

2.1.2 Fenderverk

Fenderverk er systemet av fendere som er festet langs siden av tilleggs kai og bak ferjekaibrua for å ta opp støtkreftene når ferja legger til kai [2]. Når en stor ferje legger til kai vil kaikonstruksjonene og ferja selv utsettes for kraftige støtkrefter og reaksjonskreftene som kommer derfra. Siden disse støtene er helt rutinerlige for ferjas avgang og tillegging, er det svært viktig at disse kreftene og reaksjonskreftene kan bli tatt opp og dempet, slik at det ikke vil kunne oppstå skader på verken ferje eller kai. Hvordan dette systemet av fendere oppfører

seg kan forklares ved at de har et stort elastisk deformasjonspotensial som tar opp de største kreftene og overfører energien på en mer kontrollert måte til land/kai.

Det finnes flere varianter av fendere, den mest benyttede varianten i dag kalles for elementfender, den er svært effektiv når det kommer til opptak og demping av enorme krefter. Andre fendertyper er blant annet konfenderen, som er sylinderformet og konisk. Denne skal også ha svært effektive egenskaper.

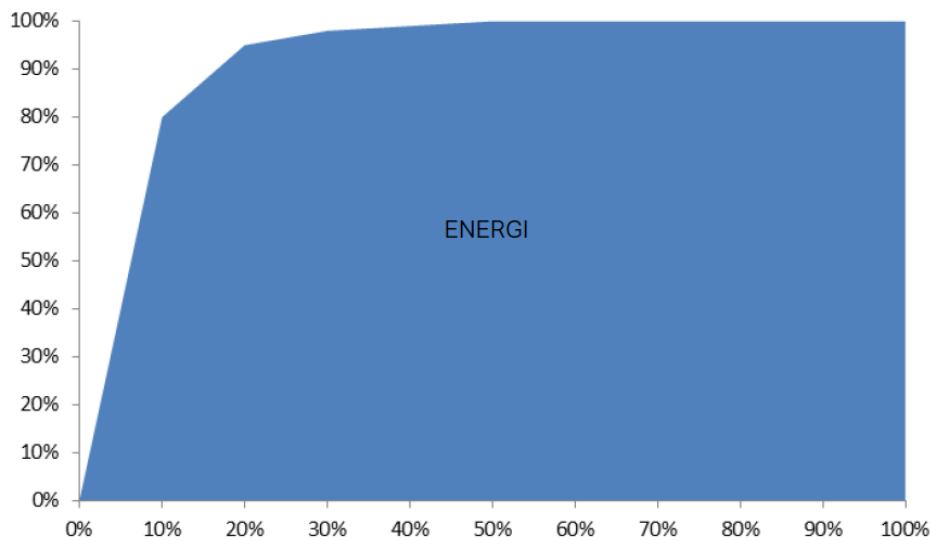


Figur 1 – Rekker med fenderverk på tilleggskai. Hentet fra V431 [2].

Når det kommer til å beskrive hvordan fendererlementer og fenderverk fungerer kan en studere analyser av energioverføringsdynamikken som oppstår i systemet [2]. Opptak av energi i fendere kan økes gjennom to retninger; en kan øke forskyvningen (deformasjonen) eller kraften (Reaksjonskreftene). Siden økt reaksjonskraft ikke er ønskelig, blir økning av deformasjonspotensialet den eneste veien å gå (Figur 2).

Hvordan fenderverk løses finnes det også flere valgte metoder, de fleste fenderverk står montert vertikalt langs kaia, men det finnes også horisontale løsninger. I den vertikale formen er det også ulike måter fenderverket er installert, noen er bare festet til selve kaia, mens andre er fundamentert helt ned til bunnen eller festet med bunnstøtte, og er dermed permanent neddykket. Sistnevnte blir ofte mange meter lange fendere som skal ligge under vannoverflaten. Dette kan på sikt føre til skader og slitasje som for eksempel korrosjon som

oppstår på grunn av sjøvannet [2]. Antallet fenderelement som aktiveres ved støy er svært viktig for å dimensjonere kaia korrekt.



Figur 2 – Energiopptak av fenderverk. Hentet fra V431 [2].

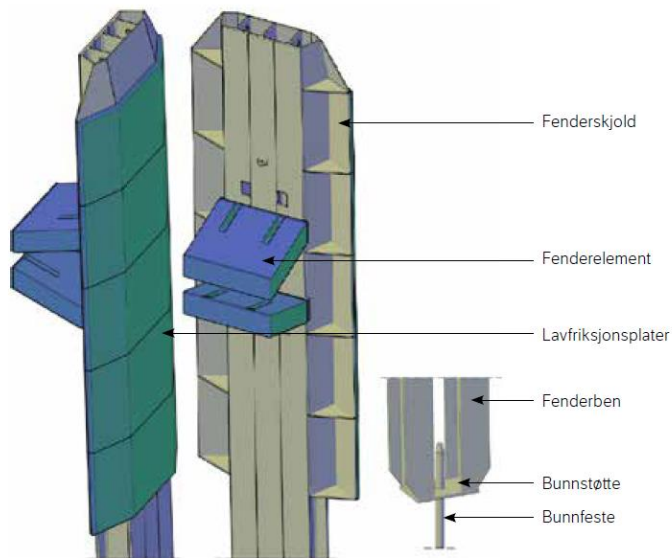
Moderne fenderverk som benyttes i dag består hovedsakelig av to hovedmaterialer; gummi og stål [2]. Det finnes en standard for gummispesifikasjoner som er gitt for akseptable gummimaterialer som kan bli tatt i bruk i fendere. Disse gir en nødvendig oversikt over verdier som har innvirkning på gummiens egenskaper. Her er mange fysiske egenskaper gitt som for eksempel hardhetsgrad, strekkapasitet og trykkapasitet.

Når det kommer til valg av fenderverkløsninger, har det de siste årene blitt hovedsakelig blitt benyttet koniske fenderelement bak hovedbjelkene [2]. Koniske fenderelementer er svært effektive på grunn av at forholdet mellom reaksjonskraften og energioptaket er stor. Den tar imot et høyt energinivå samtidig som reaksjonskreftene holdes lave. Denne fører til tidlig høy reaksjonskraft som dermed kan føre til et hardt tillegg. En mykning av tillegget kan oppnås ved at noen av konfenderene blokkes ut.

Når det kommer til fendring av tilleggskai er det flere egne strategier og standarder som veileder hvordan disse kan settes opp.

Bunnfundamenterte fenderpanel er en effektiv løsning på fenderverk der de er oppbygd av stålbejelker med lavfriksjonsplater, fenderskjold, element, fenderen og bunnstøtte (Figur 3) [2]. Boltret fast i bunnen på grunn eller mot stålrør. Disse er ofte sikret med kjetting og settes

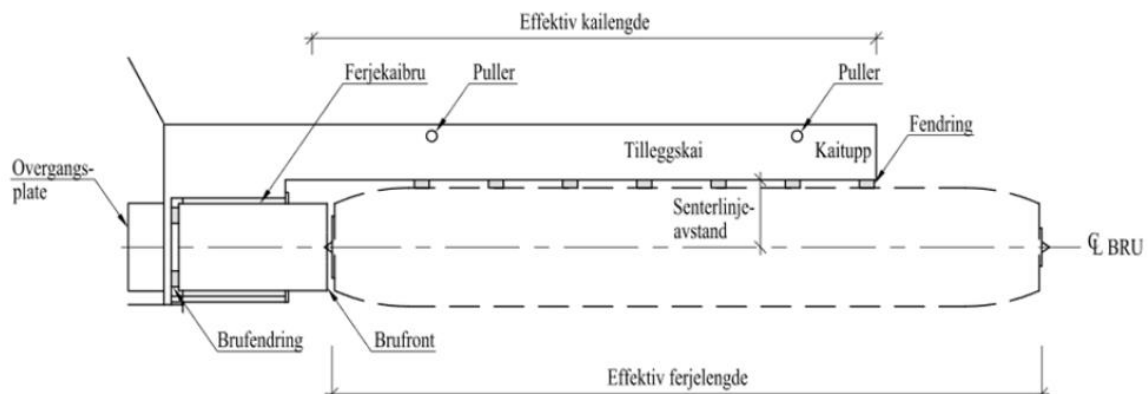
tettere sammen ved den ytre delen av tilleggskai. Disse kan vanligvis kun settes opp ved et kotenivå mellom -5 og -15 . De tar også opp støtkrefter som overføres til kaidekke.



Figur 3 – Oppbygning av bunnfundamentert fenderverk. [2].

2.1.3 Tilleggskai

For at ferjene som legger til kai skal kunne oppnå gunstig stabilitet mellom avgang og tillegging, er det behov for en støttende kaikonstruksjon (Figur 4). Derfor finnes det tilleggskai som står parallelt til de tillagte ferjene. Tilleggskaien fungerer primært som en stabil sidestøtte til ferja, bistår til fortøyning ved hjelp av pullere, samt godt fendret for opptak av støtkrefter under tilleggingsprosessen. Kaien er et godt utgangspunkt for tilkomst til fenderverk og andre elementer under inspeksjon [2].



Figur 4 – Konstruksjonselementer til ferjekai. Tilleggskai er øverst på figur.

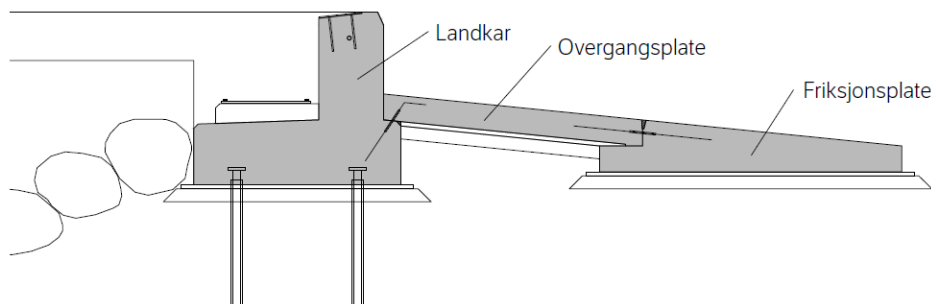
Den effektive lengden for kaia skal tilsvare minst 75 % av lengden på lengste ferje i sambandet. Minimum bredde er satt til 6 meter for å gi nødvendig styrke og stivhet til konstruksjonen i tillegg til rom for nødvendig vedlikeholdsarbeid.

Kaia består normalt av betongdekke, konstruert på pelar, noen ganger på skråpeler for opptak av horisontalkrefter, avhengig av lokale grunnforhold. Minimum tykkelse til dekke er 0.5 meter. Dersom skråpeler benyttes, økes tykkelsen på undersiden av dekke til totalt 1 meter for nødvendig kraftoverføring til pel [2].

2.1.4 Brubås

Brubås er et konstruksjonselement som omslutter ferjekaibrua som en “bås”.

2.1.5 Landkar, overgangsplate og friksjonsplate



Figur 5 – Hvordan landkar, overgangsplate og friksjonsplate er sammensatt.

Det er svært viktig å påføre tilstrekkelig avrettingslag med betong eller pukk for både landkar, overgangsplate og friksjonsplate for ekstra beskyttelse mot inntrenging av overflatene i korrosivt miljø [2].

2.1.5.1 Landkar

Overgangskonstruksjonen mellom ferjekaibrua og land, samt tilleggskaia og land kalles for landkar (Figur 5) [2]. Landkaret tar imot horisontalkrefter og vertikalkrefter som påføres kaia fra laster og støt og overfører disse til grunn eller land. Konstruksjonen skal stå enten direkte

på berg eller være fundamentert på peler til fast grunn eller berg, og er med dette ansett for å være setningsfritt.

2.1.5.2 Overgangsplate

Overgangsplaten er en setningsutjevnende plate som skal hindre det oppstår betydelige sprang i overgangen mellom vegfyllinger og landkaret dersom fyllingen setter seg. Platen er et mellomledd mellom landkaret og friksjonsplaten og overfører dermed også både trykk- og strekkrefter fra landkar som er fundamentert på peler [2].

2.1.5.3 Friksjonsplate

Friksjonsplaten er en plate som tar opp alle horisontalkrefter i ferjas lengderetning og horisontalkrefter i landkarets sideretning. Platen benyttes for landkar som er dimensjonert på peler i løsmasser [2]. Platens dimensjonerende lastvirkning kommer av støt- og fortøyningskrefter.

2.1.6 Fundamentering

Siden ferjekaier består av konstruksjoner som starter på land og ender i sjøvann, er det svært viktig å fundamenterer på en måte som passer til en slik overgangssone. Normalt fundamenteres tilleggskaier og landkar på peler. Fundamentering på peler kan utføres på ulike måter; peler som er fundamentert direkte på berg, fast grunn eller i løsmasser. Merk at det er ikke anbefalt å fundamenterer peler på løsmasser på grunn av høyere risiko for setninger og erosjon [2]. Under eller før fundamenteringsprosessen er det likevel nødvendig å erosjonssikre pelene med en plastring som påføres.

Fundamentering på direkte berg er anbefalt med en minimal helning, og festet med permanente bergbolter eller berganker for godt egnet opptak av horisontalkrefter [2].

2.4 Inspeksjon av ferjekai – Grunnleggende teori

Ifølge veilederen V441 Bruinspeksjon skal alle ferjeleier og ferjekaier i Norge registreres som en underkategori av bruer [3]. Veilederen viser til det teoretiske grunnlaget for gjennomføring av bruinspeksjoner. Informasjon om planlegging, gjennomføringsprosessen og oppfølging av inspeksjon, samt oversikt over ulike inspeksjonstyper. Standarder til lokalisering av konstruksjonene og konstruksjonselementer blir oppgitt. Teorien ligger til rette for å sette standard for skadevurderingsprosessen til hele konstruksjoner og hvert element, samt sårbarhetsvurderingen til disse. Etter tilstrekkelig opplysning om inspeksjonen til de nevnte forholdene, viser veilederen til nødvendige tiltak som skal vurderes for hver situasjon enkeltvis. En fullstendig liste over skadetyper er gitt i veilederen for å kunne kategorisere alle mulige skader som skulle oppstå, slik at disse kan vurderes gjennom en standardisert prosess.

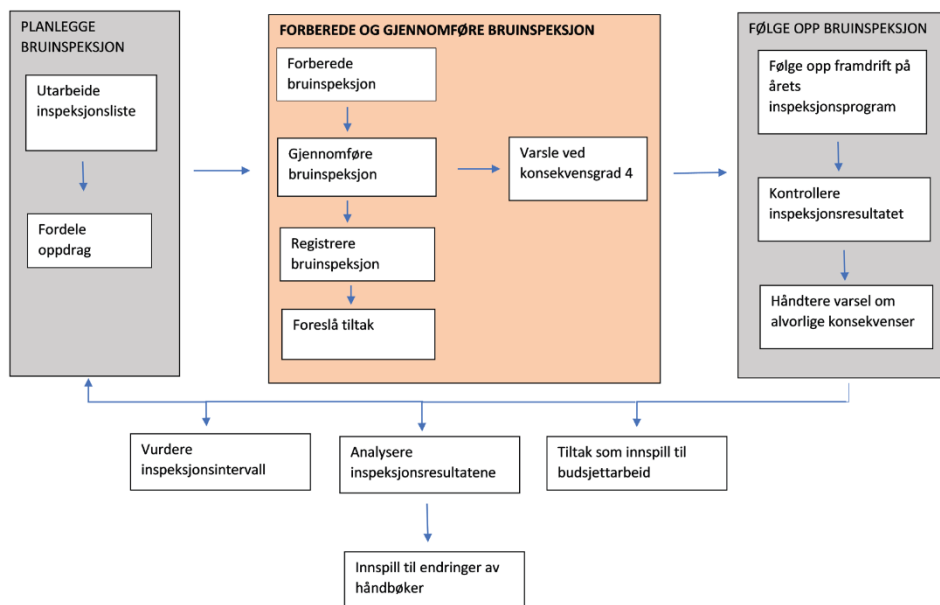
Formålet med bruinspeksjoner er å avdekke om konstruksjonen over tid vil holde på de spesifikasjonene den opprinnelig er konstruert for. Det vil si å overvåke tilstandsendringen til bæreevnen, trafiksikkerheten, den visuelle tilstanden samt miljøpåvirkningen og betydningen av disse. For å kunne forvalte og følge opp prosessene for bruinspeksjoner på en tilstrekkelig og oversiktlig måte, finnes det forhåndsbestemte prosesser og som ligger til grunn. Prosessen og ansvarsrollen for bruinspeksjon kan betraktes i tre hovedinndelinger [3]; Planlegging av bruinspeksjon, forberedelser og gjennomføring av bruinspeksjon og oppfølging av bruinspeksjon (*Figur 6*).

I fasen “Planlegge bruinspeksjon” beskrives det hvilken rolle vegeieren har angående planlegging, organisering og hvordan rapportering og oppfølging skal foregå for seg [3]. Ansvarer innebærer blant annet at inspeksjonen foregår etter de gjeldende regelverk, å frigi tilstrekkelige ressurser til inspeksjonen og følge opp resultater og eventuelt skader som kan ha alvorlig grad. Her blir inspeksjonslister utarbeidet og oppdrager fordelt

Fasen “Forberede og gjennomføre bruinspeksjon” beskriver rollen og oppgavene til bruinspektøren både under gjennomføring, før- og etter selve bruinspeksjonen. Inspektøren skal sørge for å forberede inspeksjon med hensyn til krav fra regelverk, at den blir gjennomført på en trygg og sikker måte, at inspeksjonen blir dokumentert og registrert i Brutus, det nasjonale bruforvaltningssystemet og at det blir tatt en vurdering for tiltaksbehov. Dersom konsekvensgrad 4 blir oppdaget, skal det varsles [3].

I etterkant av gjennomførelsen, skal bruinspeksjonen følges opp. Denne fasen innebærer kontroll av inspeksjonsresultatene og tiltaksutførelse. Varsler om alvorlige konsekvenser skal også håndteres [3].

2.4.1 Bruinspeksjon



Figur 6: Sammendrag bruinspeksjonsprosessen. Hentet fra V441 Bruinspeksjon 2019 [3].

2.4.2 Skadevurdering

Når det blir utført en skadevurdering er det flere aspekt som blir tatt i betraktning. Håndbok V441 Bruinspeksjoner viser til hvordan skader for bruer og ferjekaier skal vurderes [3]. Når en skade registreres, blir den merket med en kategori av skadetyper. Dette er hensiktsfullt for å kunne skille skadetyper til videre vurdering av status, overvåking og tiltak. Det viser til hvordan en karakteriserer observerte skader i en skala for skadegrad, som definerer alvorlighetsomfanget skaden har for hele brua/kaia gitt i form av et tall fra 1-4. Videre vurderes det hvilken konsekvens disse skadene har for brua og/eller omgivelsene, dvs. skadekonsekvens.

2.4.2.1 Skadetyper

Når skader registreres benyttes det ensartete kategoriske definisjoner for skadetyper. Dette er en enkel beskrivelse som gir tydelig oversikt over skadenes karakter, samtidig som det blir effektivt å databehandle i Brutus (Tabell 1) [3].

Tabell 1 – Skadetyper. Hentet fra V441 [3].

Se kap.	Nr.	Skadetype	Beskrivelse
6.1	10	Materialuavhengige skader	
	11	Setning	Vertikal bevegelse i grunnen og av elementer på grunnen.
	12	Bevegelse	Rotasjon/forskyvning av elementer i forhold til opprinnelige posisjon.
	13	Deformasjon	Bøyning (nedbøyning, utbøyning o.l.) av elementer.
	15	Brudd	Gjennomgående skade eller brudd i elementer og forbindelsesmidler.
	17	Lekkasje/fuktbelastning	Lekkasje av vann i inhomogene partier i materialer, fuger o.l. Gjentaatt nedfuktning som kan føre til skade.
	18	Misfarging	Tilsmussing av f.eks. rustvann, graffiti og annen misfarging
6.2	20	Skade i grunnen	
	21	Innsnevring	Innsnevring av vanngjennomløp på grunn av oppsamling av løsmasser, hugstavlfall osv.
	22	Erosjon	Erosjon over og under vann. Erosjon av skråninger og tyllinger. Erosjon i bekker, elver og sund. Undergraving av fundamenter.
6.3	30	Skade på betong	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling på bruelementer av betong, f.eks. riss eller avflaking.
	31	Liten/skadet overdekning	Overdekning som er for liten til å gi armeringen tilstrekkelig beskyttelse mot korrosjon, dvs. er karbonatisert, infiltrert av klorider o.l.
	32	Forvitring	Forvitring av betong på grunn av ytre påvirkninger, f.eks. frost.
	33	Støpesår	Sår i betongen som skyldes dårlig utstøping/komprimering.
	34	Bom	Heftsvikt og/eller delaminering.
	35	Avskalling	Alle typer avskalling.
	36	Armeringskorrosjon	Korrosjon på slakkarmoring og/eller spennstål.
	37	Utvasking	Utvasking av betong under vann eller i vannpåkjennte områder.
6.4	40	Skade på stål	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling.
	41	Løse skruer/nagler	Løse skruer og nagler i stålkonstruksjoner, rekkverk o.l.
	42	Korrosjon	Korrosjon på elementer av stål.
	43	Siltasje/gnissing	Siltasje og/eller gnissing på kabler, hengestenger o.l.
	44	Trådbrudd	Brudd på tråder i bærekabler og/eller i hengestenger av kabel.
6.5	50	Skade på stein	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	51	Utgildning	Utgildning av en eller flere steiner i landkar, pillarer, hvelv o.l.
	52	Ultrasing	Ultrasing av steinkjegler o.l.
6.6	60	Skade på tre	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	16	Skade på overflatebehandling	Skade på overflatebehandling.
	61	Mekanisk skade	Mekanisk skade/ knusing i treverket påført av en ytre påkjenning.
	62	Råte/medbrytning	Råte og annen nedbrytning på treverk.
6.7	70	Skade på siltelag/ fuktisolasjon	
	14	Riss/sprekk	Alle typer riss og sprekker.
	71	Sporsiltasje	Siltasje fra trafikk
	72	Ujevnhet	Alle typer ujevnheter på siltelag unntatt sporsiltasje og blærer.
	73	Krakelering/hull	Krakelering/hull i siltelag av asfalt og betong.
	74	Blæring (paddehalter)	Kuleformede opphøyninger i siltelag av asfalt.
	75	Avflaking	Avflaking av siltelag av asfalt, epoksy o.l.
6.8	80	Mangel	
	81	Manglende rengjøring	Manglende fjerning av sand, grus, o.l. som kan føre til at andre skadetyper utvikler seg
	82	Manglende del	Mangel av hele eller deler av elementer.
	83	Manglende opprydding/fjerning	Manglende opprydding etter bygging eller manglende fjerning av forskalling, stag, vegetasjon på/ved brua, ting som er lagret under brua, osv.
6.9	90	Annen skade/mangel	

2.4.2.2 Skadegrad

Skadegrad er en skala for å merke hvor alvorlig skadeutviklingen er for hver enkelt skade. Skalaen er mellom 1-4, hvor 4 har høyest alvorlighetsnivå. Skader som registreres i Brutus vil bli merket med skadegradsnivå [3].

1. Liten skade
2. Middels skade
3. Stor skade
4. Svært stor skade

For å finne nivå av skadegrad, blir det hovedsakelig vurdert av observert tilstand, men noen ganger kan det også bli foretatt måling og prøvetakning.

2.4.2.3 Skadekonsekvens

Skadekonsekvens benyttes for å bemerke skadens karakter i form av hvilken konsekvens den har på hele brua, brukere og miljø [3].

V441 viser til de fire benyttede merkingskategoriene:

B: Skadens konsekvens for bæreevnen.

T: Skadens konsekvens for trafikksikkerheten.

V: Skadens konsekvens for vedlikeholdskostnadene.

M: Skadens konsekvens for miljøet og estetikk.

Kategoriene er rangert i forhold til alvorlighetsgraden, der B har høyest grad og M har lavest. En skade kan være merket innenfor flere kategorier. En skadekonsekvens er alltid merket med bokstav og konsekvensgrad som rangerer fra nivå 1 til 4. Konsekvensgrad viser hvor alvorlig skadekonsekvensen har på hele brua, omgivelser og brukerne [3].

Konsekvensgrad rangeres slik:

1: Liten konsekvens. Tiltak ikke nødvendig.

- 2: Middels konsekvens. En vurdering om skaden skal registreres i Brutus.
- 3: Vesentlig konsekvens. Må registreres i Brutus med forslag til tiltak. Inspeksjonsintervall vurderes.
- 4: Stor konsekvens. Bruforvalter eller oppdragsgiver skal kontaktes umiddelbart.

I Brutus er skader alltid registrert med både skadegrad og skadekonsekvens. Skadekonsekvensen sammensettes av konsekvensgradtallet og merkingsbokstav, som for eksempel 3B – Vesentlig alvorlig konsekvens for bæreevnen til brua.

Skadekonsekvens ifølge Bruinspeksjon V441 for bæreevne settes opp som følgende:

Skader som kan påvirke bæreevnen er for eksempel setninger eller deformasjon i landkar som kan påvirke opplegget av bjelker og/eller bruplater, korrosjon eller tverrsnitts reduksjon på stålbjelker eller bruddskader som kommer fra påkjørsel eller brudd av betongbjelker [3].

- 1B: Liten konsekvens for bæreevne. Bæreevne er svært lite redusert og er stabil.
- 2B: Middels konsekvens for bæreevne. Bæreevnen er noe redusert og skaden kan utvikle seg.
- 3B: Vesentlig konsekvens for bæreevne. Bæreevnen er vesentlig redusert, men brua er ikke overbelastet.
- 4B: Stor konsekvens for bæreevne. Brua har redusert bæreevne og/eller kan være overbelastet. Oppdragsgiver/forvalter kontaktes umiddelbart.

Skader som påvirker trafiksikkerheten kan for eksempel være rekkeverksskader, tverrsnittreduksjon eller deformasjoner, eller nedfall av løs betong.

- 1T: Liten konsekvens for trafiksikkerheten. Skaden er stabil.
- 2T: Middels konsekvens for trafiksikkerheten. Trafiksikkerheten er noe redusert, skaden kan utvikle seg.
- 3T: Vesentlig konsekvens for trafiksikkerheten. Trafiksikkerheten er vesentlig redusert.
- 4T: Stor konsekvens for trafiksikkerheten. Oppdragsgiver/forvalter kontaktes umiddelbart.

Ved skadekonsekvens for vedlikeholdskostnader blir det tatt hensyn til hvor raskt skaden utvikler seg, og hvor stor økning i kostnader om tiltak ikke blir gjennomført. Eksempler på skader som påvirker vedlikeholdskostnader er for eksempel betongelementer med avskalinger, armeringskorrosjon og ståloverflater med nedbrutt overflatebehandling [3].

1V: Liten konsekvens for vedlikeholdskostnadene. Skaden er stabil.

2V: Middels konsekvens for vedlikeholdskostnadene. Skaden kan utvikle seg.

3V: Vesentlig konsekvens for vedlikeholdskostnadene. Skaden utvikler seg raskt. Dersom tiltak ikke gjennomføres, kan det forventes økte vedlikeholdskostnader de neste årene.

4V: Stor konsekvens for vedlikeholdskostnadene. Konsekvensreducerende tiltak vurderes for å begrense utviklingen. Oppdragsgiver/forvalter kontaktes umiddelbart.

Skader som påvirker miljø/estetikk som for eksempel graffiti, skade på overflatebehandling, mangler ved fugekonstruksjoner osv.

1M: Liten konsekvens for miljø/estetikk.

2M: Middels konsekvens for miljø/estetikk.

3M: Vesentlig konsekvens for miljø/estetikk.

4M: Stor konsekvens for miljø/estetikk. Oppdragsgiver/forvalter kontaktes umiddelbart.

2.4.3 Bruforvaltning

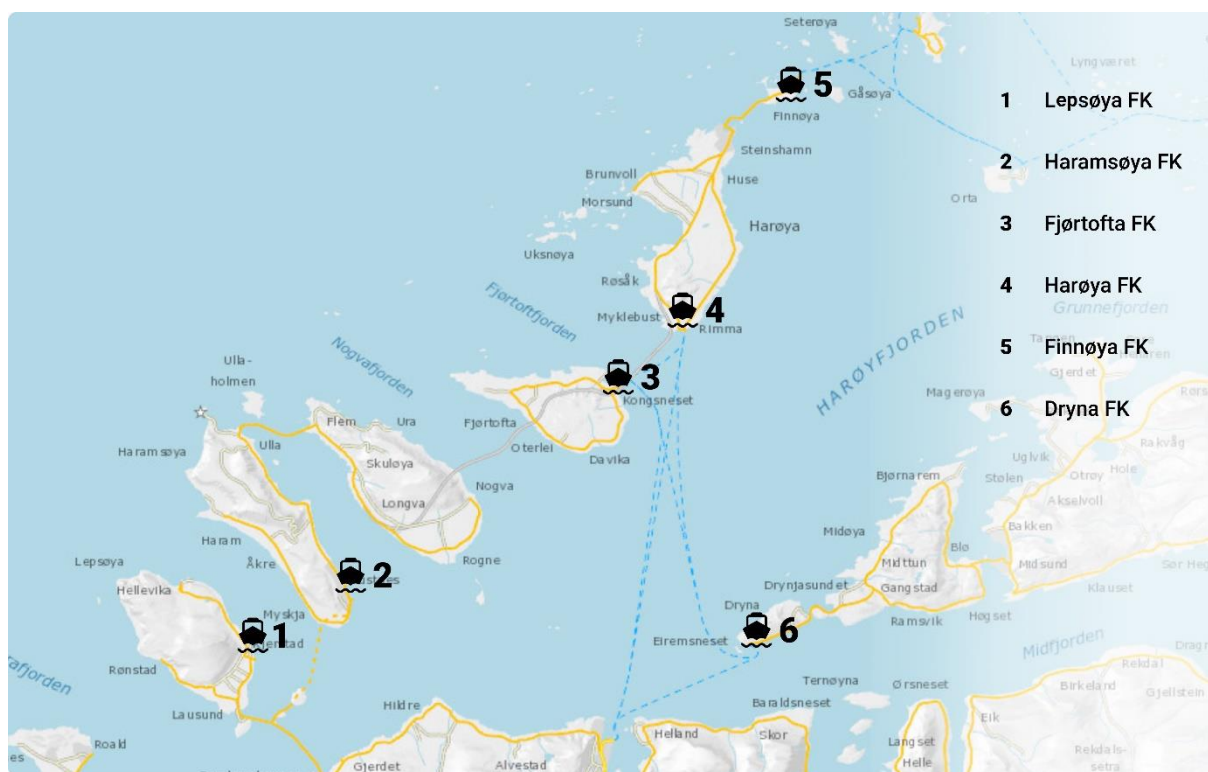
Forvaltning av bruer og ferjekaier i Norge utføres gjennom det nasjonale forvaltningssystemet Brutus. Her blir alle bruer og ferjekaier på riks- og fylkesveinettet registrert og synliggjort og lagt til i en database. I databasen finnes det informasjon om brua/ferjekaias spesifikasjoner, bæreevne, tilstand, samt informasjon om inspeksjoner og behov for tiltak, forslag til tiltak og eventuelle kostnader, samt en oversikt over fremtidige planer og inspeksjoner. Brutus opereres av Statens Vegvesen. [4]

3 METODE

Denne oppgaven har lagt et søkelys på å analysere skadedata som er innhentet fra databasen til Brutus. Det er bestemt å undersøke data fra ti ulike ferjekaiene i Møre og Romsdal fylke, hvorav åtte av de er lokalisert i Ålesundregionen på Sunnmøre, og to er lokalisert på Nordmøre.

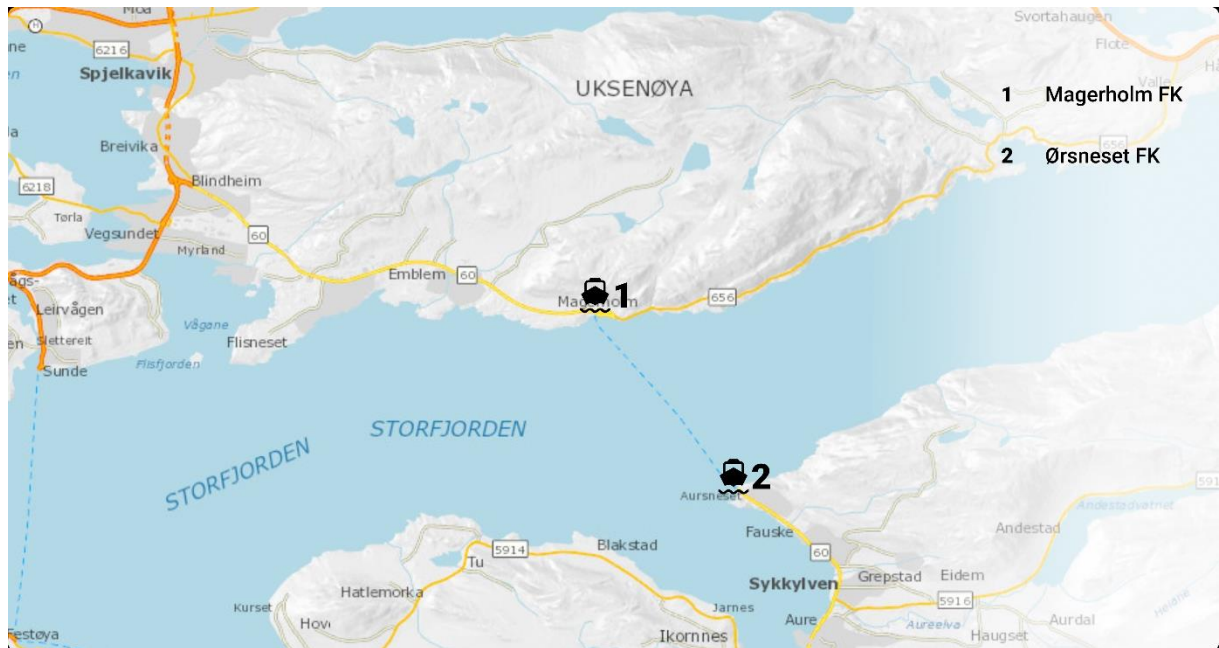
3.1 Utvalg

Av ferjekaiene i Ålesundregionen på Sunnmøre, er seks av de lokalisert på øyene «Nordøyane» (Figur 7).



Figur 7 - Ferjekaiene i området Nordøyane. Kart fra Brutus.

De to andre ferjekaiene på Sunnmøre danner sambandet Magerholm - Ørsneset ved Sykkylven (Figur 8).



Figur 8 – Ferjesambandet Magerholm – Ørsneset. Kart fra Brutus.

De resterende to utgjør et samband i Nordmøre som består av ferjekaiene Kvanne og Rykkjem (Figur 9).



Figur 9 – Ferjesambandet Kvanne – Rykkjem. Kart fra Brutus.

Grunnlaget for valget av å undersøke tilstanden til disse ferjekaiene er flere. Det er spesielt interessant å undersøke hvordan inspeksjoner har overvåket og kartlagt tilstand til kai og skader over en gitt periode. På denne måten er det mulig å innhente større kunnskap og forståelse av hvordan prosessen har utviklet seg og eventuelt årsakene som har bidratt til dette, samt hvilken rolle selve inspeksjonsprosessen har hatt for utviklingen av ferjekaienes tilstand og status i Brutus.

Ferjekaiene har ulik geografisk plassering innenfor samme fylke og bidrar dermed til en god modell for å undersøke om det eksisterer merkbare forskjeller i utvikling som kommer av dette og likedan om fellestrekk til tross av geografi.

3.2 Tilgang til Brutus

For denne oppgaven har Statens Vegvesen gitt spesiell tilgang til databasen Brutus.

For hver ferjekai i Brutus, tilhører det et stort omfang av registrerte skader med informasjon om klassifisering og beskrivelser. Disse har et variert spekter av ulik karakter, årsak, skadegrad, skadekonsekvens og tiltaksbehov. For å begrense omfanget av skadedatainnhenting for denne rapporten er det forhåndsbestemt noen spesifikke kriterium. I grunnlaget for denne avgjørelsen er det blitt tatt særlig hensyn til blant annet hvor skadene befinner seg på kaia, for eksempel er særlig skader på fenderverk prioritert, utenom dette er alvorlighetsgraden for sikkerhet og vedlikehold også blant de viktigste prioriteringene i grunnlaget.

3.3 Datainnhentningskriterium

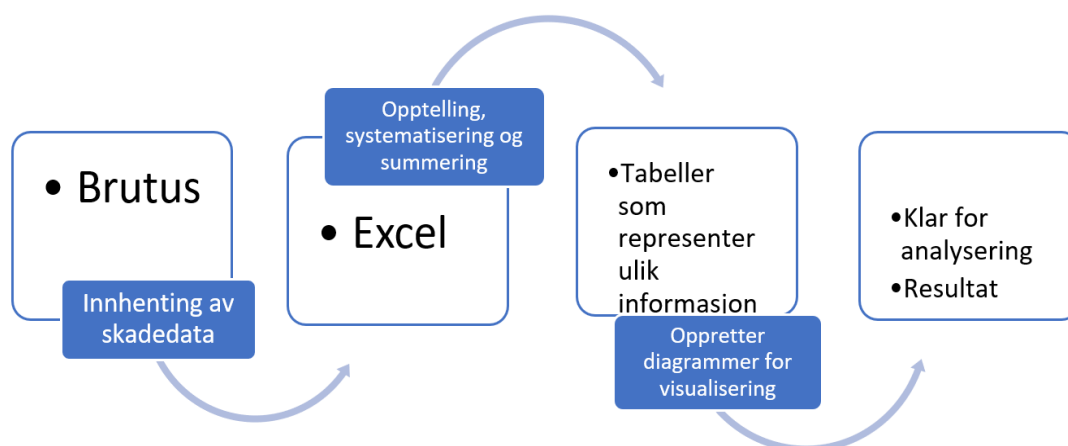
I kriteriet for datainnhenting fra Brutus er det blitt bestemt følgende:

- Kun konstruksjonselementer er tatt med i betraktning.
- Alle skader som er registrert på fenderverk, uansett skadetype, skadegrad og skadekonsekvens.
- Alle registrerte skader som vedrører bæresystemet uansett skadetype, skadegrad og skadekonsekvens.
- Alle korrosjonsskader, uansett skadegrad, skadekonsekvens og konstruksjonselement.
- Alle skader som har kombinasjon av skadekonsekvens og skadegrad på minst B2 og høyere.
- Alle skader som har en samlet kombinasjon av skadegrad og skadekonsekvens på V6 og høyere.
- Alle skader på bæresystem som har kombinasjon av skadegrad og skadekonsekvens på minst V2 og høyere.
- Alle skader som har en kombinasjon av skadegrad og skadekonsekvens på T4 og oppover.
- Skadene gjelder fra inspeksjoner som er utført sist i en bestemt femårsperiode som starter i 2017 og ender i 2021.
- I tillegg blir alle tilhørende skadekonsekvenser tatt med i hver registrert skade som er basert på kriteriene over, uansett kategori og nivå.

MERK: En kombinasjon av skadegrad og skadekonsekvens er tallet på skadegrad multiplisert med tallet på konsekvensgraden.

3.4 Databehandling

Etter at skadedataene for hver ferjekai er innhentet fra Brutus, settes de opp systematisk i flere tabeller i Excel (Figur 10). Her blir informasjonen fra dataene plassert, sortert og separert etter ulike delkategorier. Det blir opprettet Excel ark for hvert årstall i femårsperioden, fem ark for tabeller med informasjon om skadegrad og fem ark med informasjon om skadekonsekvens. Dette blir ansett som nødvendig for å kunne tydelig analysere kvantiteten av disse. Hver dimensjon blir optelt numerisk, slik at det blir et tydelig antall.



Figur 10 – Databehandlingsprosessen fra Brutus til diagram.

Etter at skadedataene for hver ferjekai er innhentet fra Brutus, settes de opp systematisk i flere matrisetabeller i Excel (Figur 11Figur 1). Her blir informasjonen fra dataene optelt, sortert og separert etter ulike delkategorier. Det blir opprettet Excel ark for hvert årstall i femårsperioden, fem ark for tabeller med informasjon om skadegrad og fem ark med informasjon om skadekonsekvens. Dette blir ansett som nødvendig for å kunne tydelig analysere kvantiteten av disse. Hver dimensjon blir optelt numerisk, slik at det blir et tydelig antall.

Skadetype	Magerholm Vest				Sykkylven /Ørsneset				Løvsøya FK				
	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	
Fenderverk	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0
Annen skade/Mangel	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setning	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Korrosjon	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0
Erosjon	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Deformasjon	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Annen skade/Mangel	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
Brudd	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
Rekkverk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plate(Hovec)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manglende del	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Riss/sprekk	2	1	1	0	0	3	0	0	0	2	2	0	0
Sperrebom	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annet kaiutstyr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Korrosjon	1	4	0	0	0	0	1	0	1	11	3	1	1
Erosjon	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Annen skade/Mangel	7	9	2	0	1	6	1	0	4	16	17	1	1
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	
Fenderverk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annen skade/Mangel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Korrosjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erosjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deformasjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annen skade/Mangel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brudd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Rekkverk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plate(Hovec)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manglende del	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Riss/sprekk	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sperrebom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annet kaiutstyr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Korrosjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Erosjon	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Figur 11 – Et skjermbilde av noen av matrisetabellene i Excel.

Matrisetabellene som viser antallet av hver skadegrad, er også representativt for antall skader. Årsaken til dette er at det finnes kun en skadegradsverdi for hver enkelt skade (1-4), i motsetning til en skades skadekonsekvens, som kan inkludere opp til fire ulike skadekonsekvenser (V-B-T-M) samtidig. (Eksempel: Hvor mange skader er det på fenderverk? Hvilken skadegrad har disse skadene fra 1-4? Hvor mange skader observeres det med skadekonsekvens V3?)

Basert på dette, opprettes også sum-ark hvor alle verdiene blir summert sammen over hele femårsperioden, slik det er mulig å få en oversikt over skadenes totale omfang i en ny tabell, både for skadetyper, skadegrad og skadekonsekvens.

3.3 Statistisk analyse

Når oversiktlige tabeller med verdier er opprettet for de ulike kategoriene og informasjonen er systematisert og oppdelt, er det mulig benytte disse dataene for å skape et større og intuitivt bilde over hvordan skadene utvikler seg over tid og hvordan det skjer for de ulike ferjekaiene.

Det er valgt å benytte både vertikale og horisontale stolpediagram for å representere verdiene av skader og skadegrad for et spesifikt årstall eller sluttverdiene av alle disse, samt skadekonsekvens, konsekvenstyper og skadetyper.

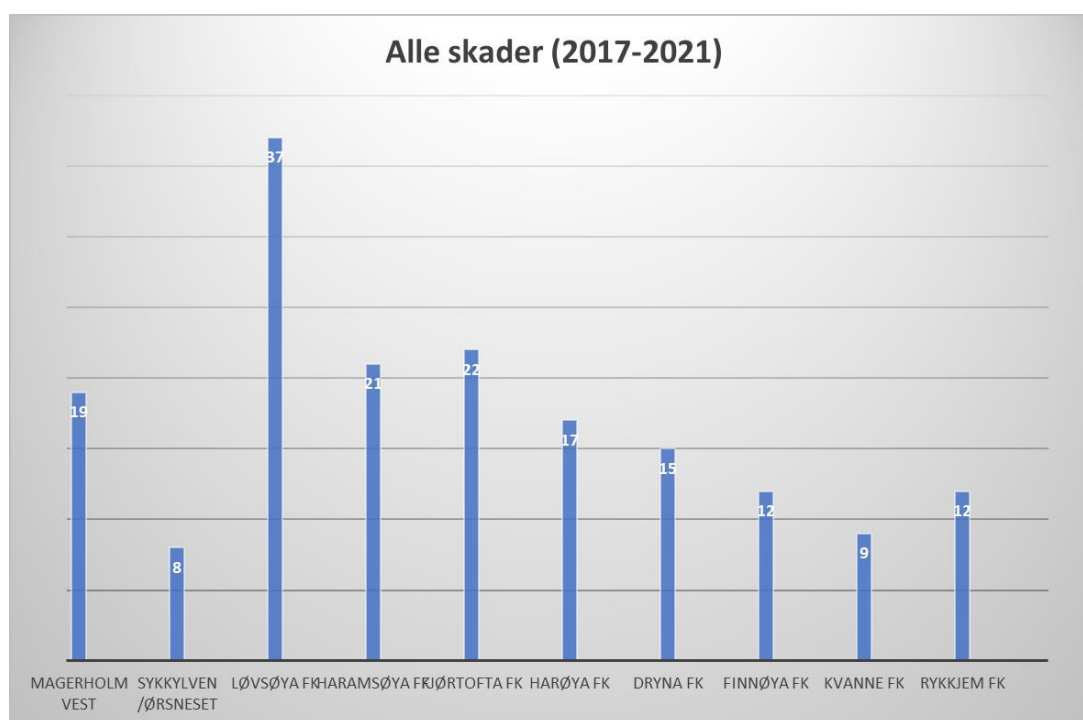
Andre diagram som er benyttet er linjediagram som representerer skadeantallets utvikling over tidsperioden.

4 RESULTAT

I dette kapittelet presenteres resultatene fra skadedatainnhentningen [6]. Disse blir presentert i flere former av diagrammer og tabeller, der de numeriske verdiene vil universelt representere antall, enten i form av skader, skadetyper eller i konsekvenstyper med- og uten konsekvensgrad. Diagrammene vil gi ulik informasjon og oversikt som er knyttet til skader. I kapittel 6 skal resultatene diskuteres.

4.1 Skader over tid

Antallet av skader er observert over en femårsperiode, 2017-2021. Her presenteres det totale antallet av skader til hver ferjekai over denne tidsperioden (Figur 12) [6].

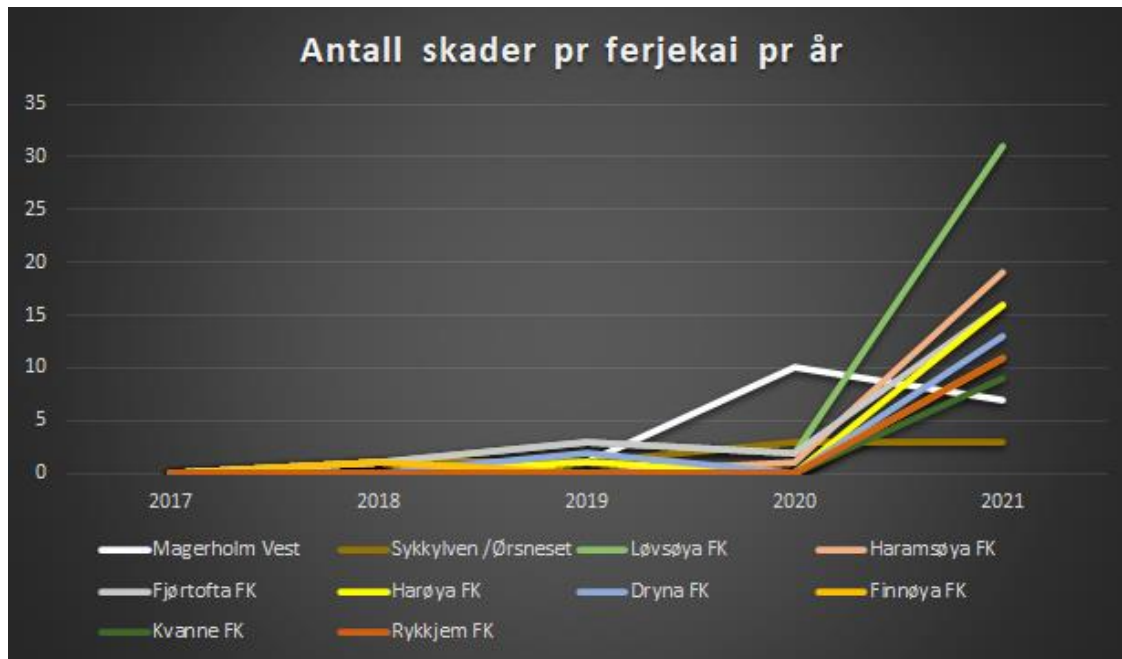


Figur 12 - Det totale antallet skader som er innhentet fra perioden 2017-2021 for alle ferjekaiene.

Det er åpenbart å se at Lepsøya har det klart høyeste antallet av skadene, etterfulgt av Fjærtøfta og deretter de resterende ferjekaiene fra området Nordøyane, og de to med lavest antall er Ørsneset og Kvanne.

Linjediagrammet (Figur 13) viser hvordan antallet av skader har utviklet seg over

tid. Fargene representerer ferjekaiene, den vertikale akse representerer det numeriske antallet og den horisontale akse representerer årstall.



Figur 13 - Linjediagrammet viser hvor mye skadene har økt fra 2017-2021 for hver ferjekai.

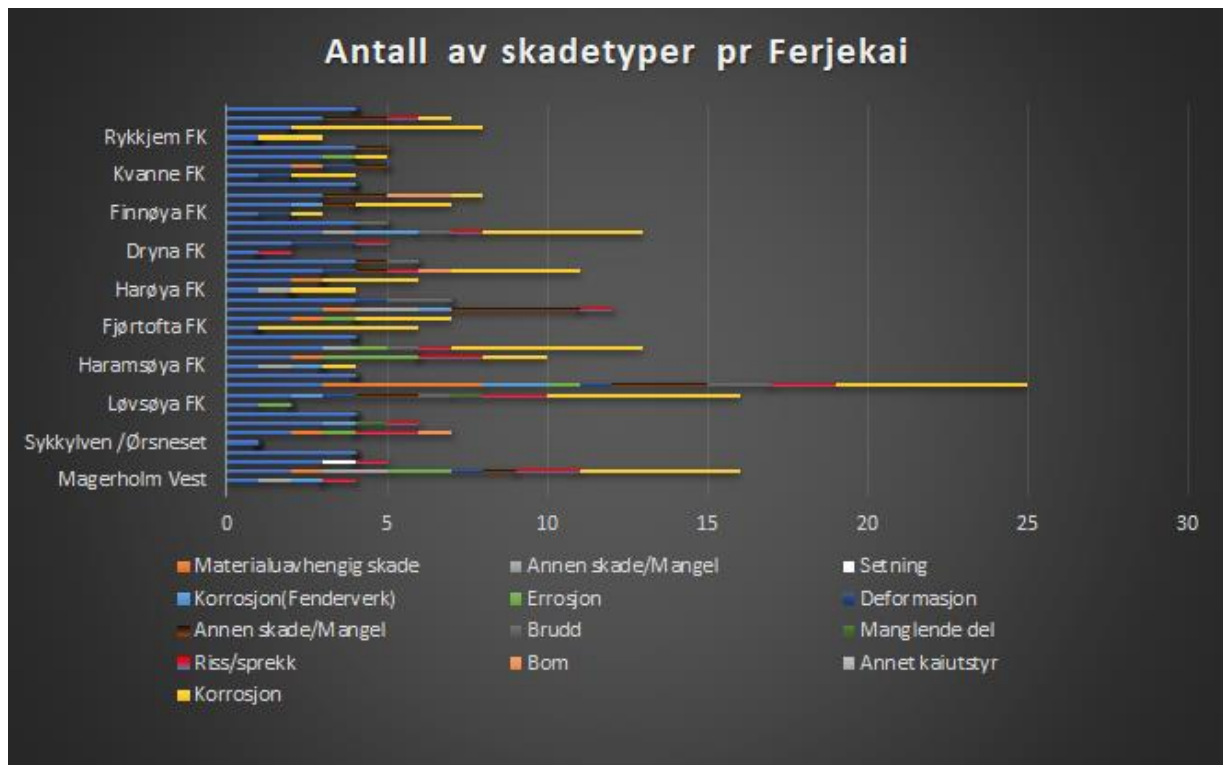
Alle ferjekaiene har et tydelig lavt antall av skader for hvert år frem til 2020-2021 perioden. I 2020 øker skadeantallet for Magerholm Vest betydelig, og synker noe til 2021.

Sykkylven/Ørsneset øker stabilt antallet gjennom hele femårsperioden, men på et minimalt nivå. De resterende ferjekaiene følger en lav utvikling av skadeantall for alle år helt frem til år 2021, der det er oppstått et tydelig stort hopp i økningen av skadeantall. Løvsøya Ferjekai har størst økning.

4.2 Skadetyper

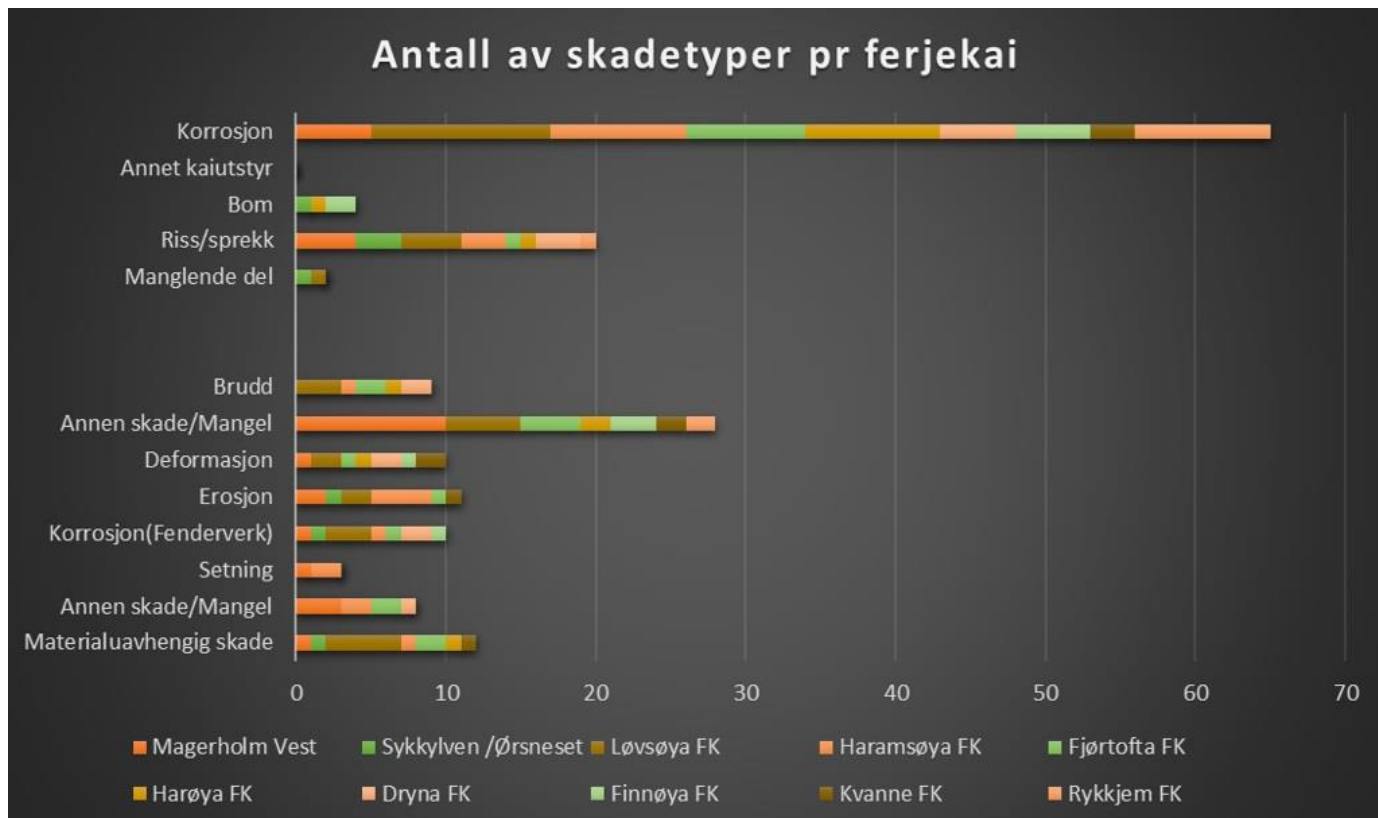
Det horisontale stolpediagrammet presenterer data for totalt antall skader av hver skadetype fordelt på skadegrad, og hvordan disse igjen er fordelt på ferjekaiene (Figur 14).

- Den vertikale akse representerer alle ti ferjekaiene som har blitt undersøkt.
- Den horisontale akse representerer antallet av registrerte skader numerisk.
- Fargene viser til skadetyper, der det er mulig å se fordelingen av disse i stolpene.
- Hver ferjekai har fire stolper, disse representerer skadegradene fra 1-4 for hver kai(øverst til nederst).



Figur 14 – Skadetyper fordelt på skadegrad 1-4 for hver ferjekai.

Det som er mulig å tyde ut ifra diagrammet er fordelingen av skadetyperne for hver skadegrad pr ferjekai.

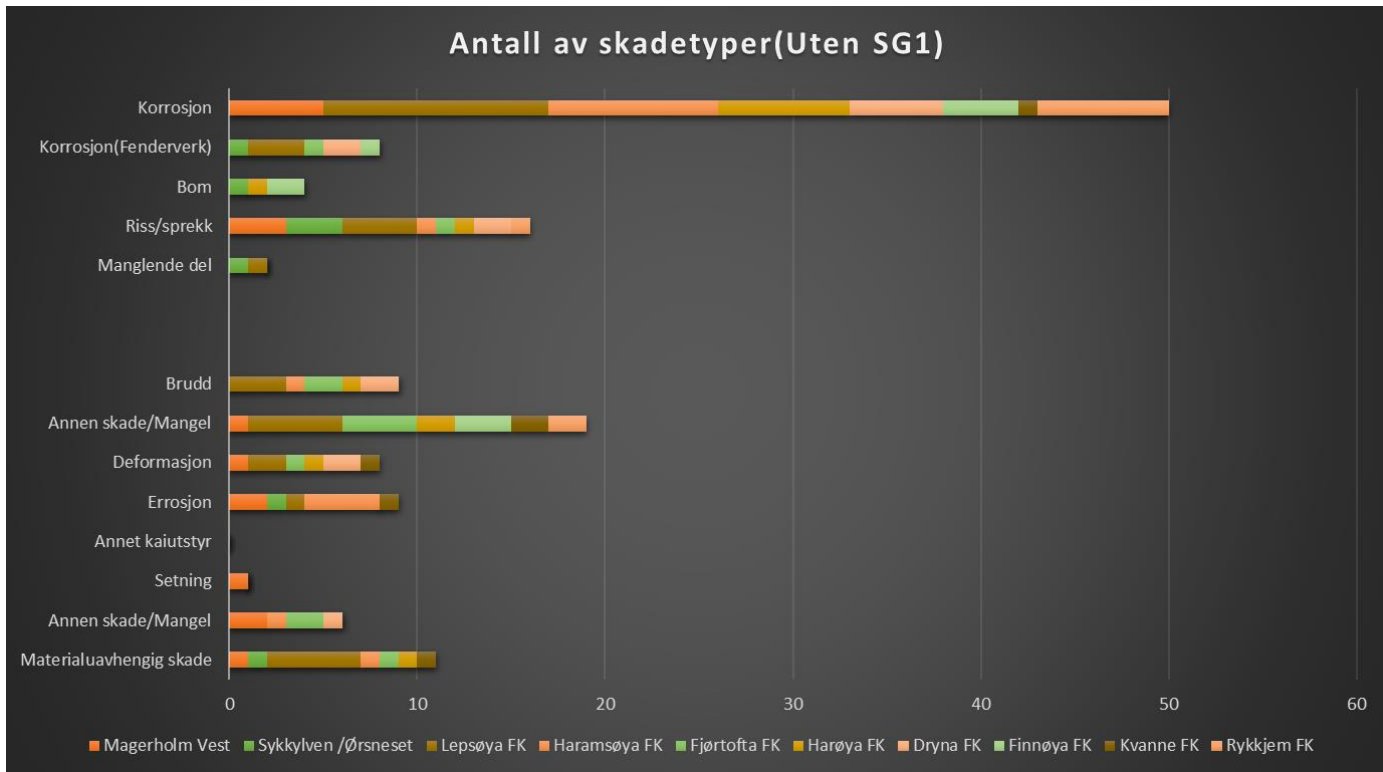


Figur 15 – Antall skadetyper.

Dette stolpediagrammet (Figur 15) gir et bilde over hvordan antallet av skadetyper er fordelt på ferjekaiene uavhengig av årstall og skadegrad.

- Den horisontale akse representerer antall skader.
- Den vertikale akse representerer skadetyper.
- Fargene representerer de observerte ferjekaiene.

Det som er mulig å tyde ut ifra diagrammet, er at korrosjon er den skadetyper som forekommer hyppigst på de observerte ferjekaiene, mens manglende del og setningsskader forekommer minst. Riss/sprekk har det tredje høyeste antall skadetyper. Disse forekommer vanligvis i betongkonstruksjonen på tilleggskaia.

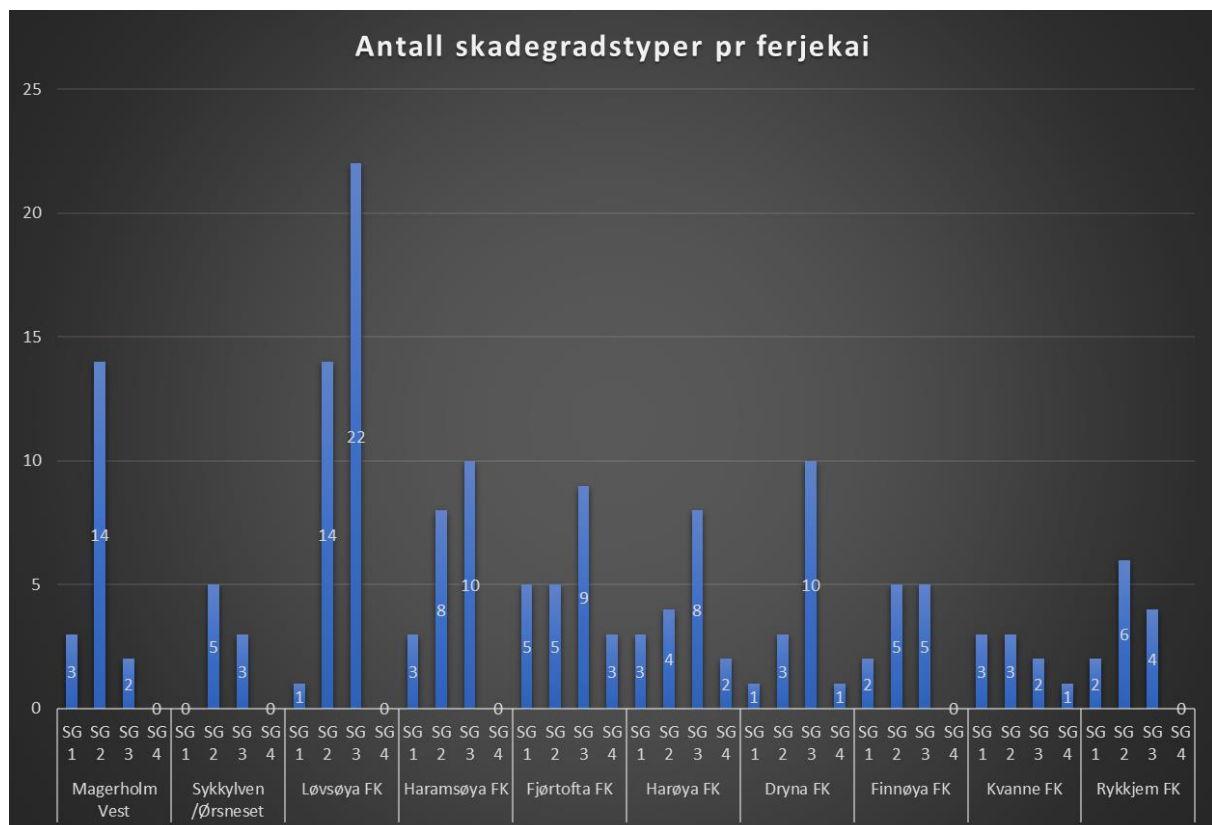


Figur 16 – Dette diagrammet presenterer antall av skadetyper, etter at SG1 er utsilt.

4.3 Skadegrad

Data for antall skader av hver skadegrad til alle ferjekaiene er representert i form av et stolpediagram (Figur 17).

Dette diagrammet viser hvordan fordelingen av skadegradene er utbredt for å kunne tilegne en tydeligere forståelse av det overordnede alvorlighetsnivået til hver enkelt skade. Det er viktig å merke seg at skadegrad ikke representerer hvor alvorlige konsekvenser skaden kan gi (Se 4.4 Skadekonsekvens).



Figur 17 – Figuren viser hvordan skadegradene er fordelt for hver ferjekai.

Når det kommer til skadegradsfordelingen for ferjekaiene i utvalget, er det store variasjoner å observere. I første omgang er det mulig å se at SG 4 befinner seg på fire ferjekai. I forhold til de andre skadegradene er antallet og andelen av denne svært lav. Tre av disse hører til Nordøyane, mens Kvanne er den eneste ferjekai i denne kategorien utenfor dette området.

SG 3 tar den største andelen av skadene for alle ferjekaiene på Nordøyane utenom Finnøya, der SG 2 og SG 3 står likt. Videre er SG 2 i overvekt for ferjekaiene Magerholm, Ørsneset og Rykkjem. Her er fordelingen noe jevnt, mens Magerholm har en enorm skjevfordelt overvekt av denne kategorien. SG 1 er den mildeste kategorien, men også den nest minst representerte kategorien. Denne skadegraden forekommer på alle ferjekai, men har for alle her den

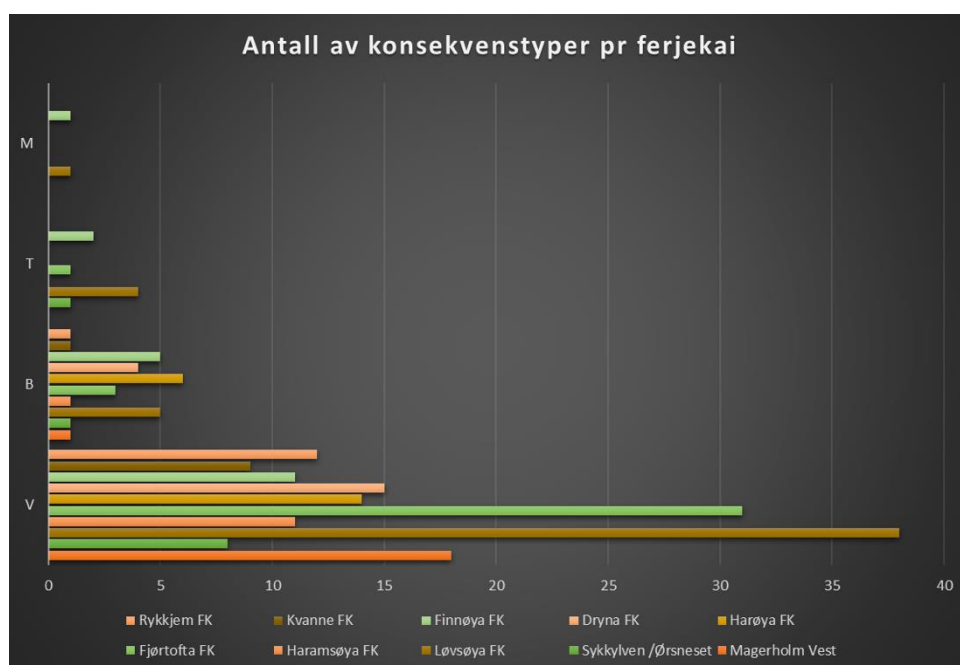
laveste andelen der SG 4 ikke er med. I forhold til de andre ferjekaiene har Kvanne høyeste andel SG 1 som er lik med SG 2.

4.4 Skadekonsekvens

Her presenteres resultater for dataene til skadekonsekvensene. Siden antall skadekonsekvenser ikke nødvendigvis samsvarer med antall skader, må ikke de to kategoriene forveksles. En skade kan samtidig ha en eller flere konsekvenstyper inntil fire (B-T-V-M). Og hver av disse bokstavene er paret med et tall som representerer konsekvensgrader (1-4). I dette delkapittelet vil diagram av begge former med kombinasjon presenteres.

4.4.1 Konsekvenstyper

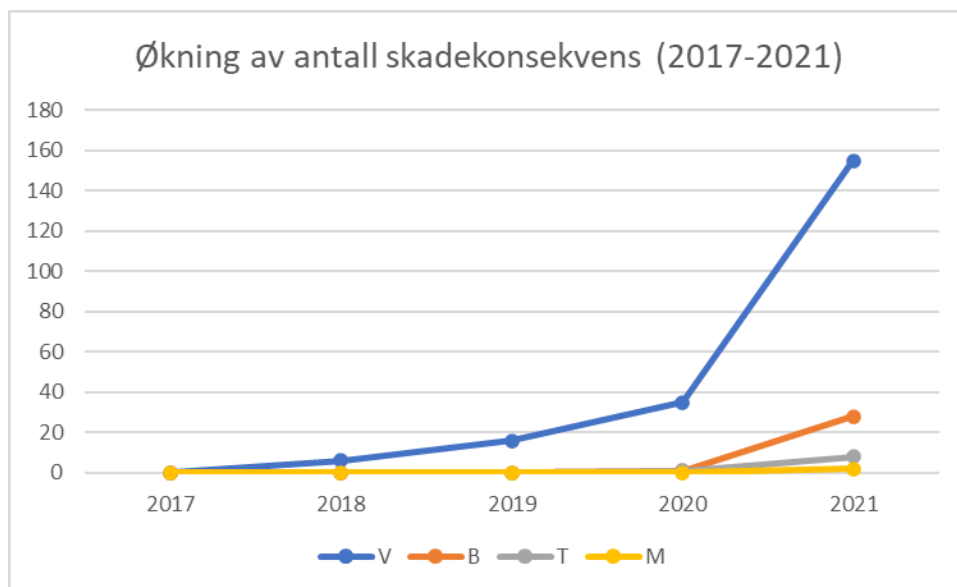
Det horisontale stolpediagrammet illustrerer det totale antallet av skader til hver av de fire konsekvenstypene fordelt på ferjekai, uavhengig av dets konsekvensgrad og årstall (Figur 18). Den vertikale akse representerer de fire konsekvenstypene; M, T, B og V, den horisontale akse viser antallet av de observerte merkingene numerisk, fargene representerer hver av ferjekaiene som er observert.



Figur 18 – Fordelingen av konsekvenstypene for hver ferjekai.

Det som blir tydeliggjort ut ifra figuren er at skader som har konsekvenser for vedlikeholdskostnader er i stor overvekt for alle ferjekaier, konsekvenser som har innvirkning for bæreevne har et åpenbart lavere antall, men kommer som nummer to.

4.4.1.1 Utvikling av skadekonsekvens

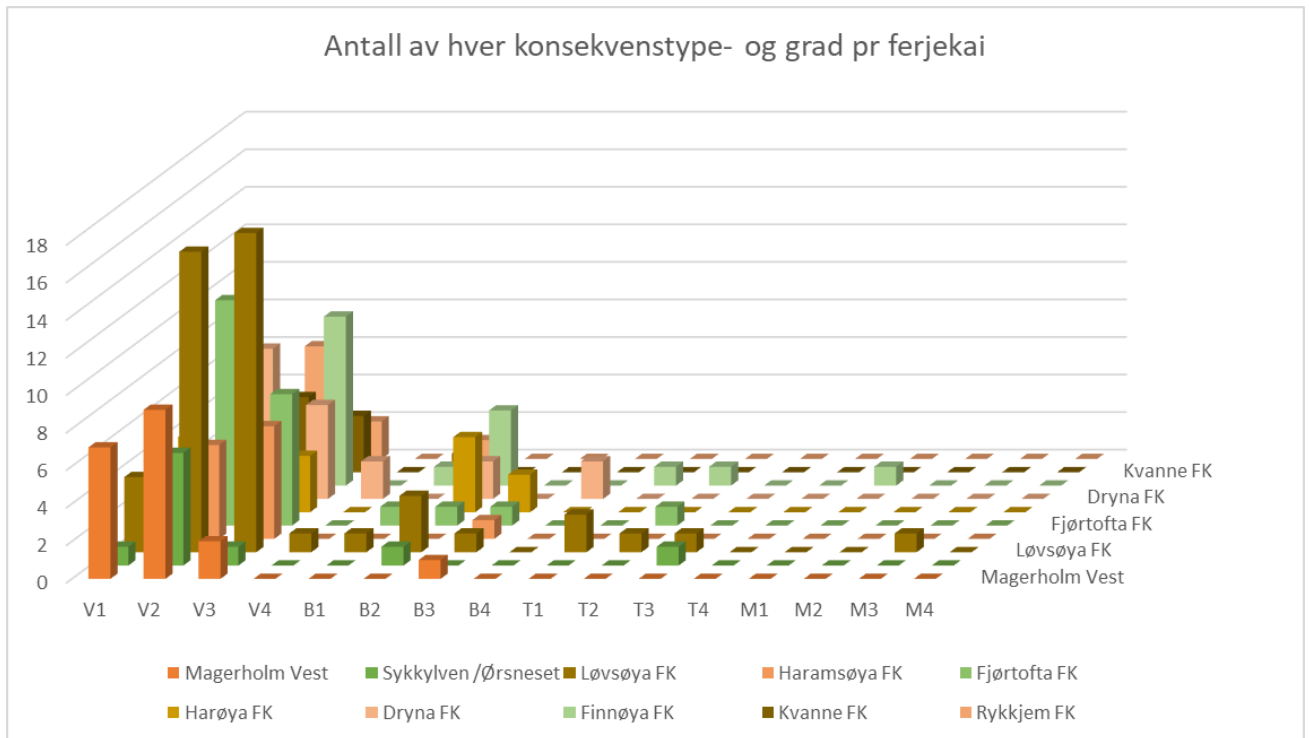


Figur 19 – Linjediagrammet viser hvordan frekvensutviklingen av konsekvenstypene har foregått over perioden 2017-2021.

Linjediagrammet illustrerer hvordan utviklingen i antall av konsekvenstyper har økt over femårsperioden 2017-2021 (Figur 19). Konsekvenstypen for skader som har innvirkning på vedlikeholdskostnader(V) stiger spesielt fra 2020-2021. De andre konsekvenstypene øker i liten grad i denne perioden.

4.4.2 Konsekvensgrad

Det tredimensjonale stolpediagrammet presenterer antallet av ferdigkombinerte skadekonsekvenser for hver ferjekai (Figur 20). Her er konsekvenstypene parett med konsekvensgradskalaen representert. Hver av de fire bokstavene vises med hver konsekvensgrad. Den dype akse(Y-aksen) viser ferjekaiene. Disse er også representert i farger, den vertikale akse(Z-aksen) viser antall numerisk av konsekvenstyper for hver ferjekai, den horisontale akse(X-aksen) viser alle merkingene. Denne figuren kan bidra med å gi et bilde over hva slags konsekvenser som forekommer oftest, og samtidig hvordan alvorligheten er fordelt.



Figur 20 - Det tredimensjonale stolpediagrammet viser hvordan skadekonsekvensene er fordelt med konsekvensgraden satt.

Diagrammet (Figur 20) tyder på at av V-skadene, er det særlig konsekvensgrad V3 som er dominerende med størst andel for flere av ferjekaiene og samtidig tett oppfulgt av V2, spesielt på Lepsøya og flere av de på Nordøyane med noen unntak i fordelingen som for eksempel Fjørtofta som har en større andel til V2.

V4 som er det alvorligste tilfellet i denne kategorien, forekommer kun på Lepsøya og Dryna i minimal grad. Det er å merke at de sambandene utenfor Nordøyane har de størst andelene av konsekvensgrad hovedsakelig fordelt mellom V1 og V2, som er et tydelig skille.

Figuren gir også et bilde av hvor B-skadene befinner seg. Dette er den mest alvorlige konsekvenstypen, og skal ideelt være lavt i antall og alvorlighetsgrad. Igjen er det ferjekaiene på Nordøyane og Magerholm som dominerer med både B2 og B3 skader, men i tillegg kommer én B2 skade på Ørsneset. B2 er spesielt tallrik på Lepsøya, Harøya og Finnøya. Dryna er den eneste som har B4-skader, som da er den mest alvorligste skaden funnet i hele analysen.

T-skader som hører til den nest alvorligste konsekvenstypen, er minimale, og er kun å finne på Nordøyane utenom én T3 på Ørsneset. Lepsøya har de fleste T-skadene og er sammen med Ørsneset de eneste med T3. Ingen T4 skader er funnet.

5 INSPEKSJON AV FERJEKAI

Onsdag 12.05.2021 dro jeg på inspeksjon sammen med ansatte fra NTNU og Inspektør fra Møre og Romsdal Fylkeskommune. Dagen startet med tidlig avreise fra NTNU Ålesund med nødvendig verneutstyr som hjelm, vernebriller og sko. Delen av inspeksjonen som jeg observerte startet rundt 10-11 tiden og holdt på til rundt kl 16 og totalt vitnet jeg inspeksjoner på fire ferjekaier i fylket.

Første inspeksjon var på Mordalsvågen, deretter Småge ferjekai, Aukra ferjekai og til slutt Hollingsholmen ferjekai.

5.1 Skadevurdering i praksis

Her fikk jeg se hvordan bruinspektørene utfører de faste rutineene i praksis som gjelder ved inspeksjon av ferjekai. Jeg fikk se hvilke konstruksjonsdeler som undersøkes og hvor en skal undersøke først.

Ved ankomst til en ny ferjekai som skal vurderes, hadde inspektøren med seg et skjema fra Statens Vegvesen som skal krysses av før selve skadevurderingen starter. Dette er en mal i papir som blir gjennomgått punktvis som forhåndsjekk.

Når selve skadevurderingen starter har inspektøren et annet skjema for dette, her er det opplistet alle konstruksjonselementer som skal undersøkes nærmere. En av de første skadene som observeres på Mordalsvågen er et godt synlig riss i betong som inspektør med en gang vurderer som en skadegrad 4. Dette er det første som vurderes for alle skader ved å gjenkjenne skadens størrelse. Deretter er det neste steget å vurdere hvilken konsekvenstype dette er. Da vurderte han at dette var en skade som hverken truet bæreevnen til betongkonstruksjonen, eller trafikksikkerheten. Men skaden burde repareres for å ikke utvikle seg videre, derfor ble den vurdert som en V3, som betyr at det kan planlegges et tiltak for å

hindre videre utvikling. Dermed er dette en konsekvens som kan påvirke vedlikeholdskostnadene.

Gjennom inspeksjonen fikk vi også sett mange eksempler på ulike skadetyper og med ulike tilstandsnivå. Jeg har tatt et lite utvalg av skader som skal presenteres.

5.2 Skadeeksempel

5.2.1 Aukra

En av de skadene som hadde høyest grad under inspeksjonen var blant annet en skade fra Aukra ferjekai, der steget under landkaret har fått en stor deformasjon i form av knekking (Figur 21). Helt tilsvarende skade ble også observert på den andre siden sider av landkaret (Figur 22). Dette steget tålte ikke støtkreftene den har blitt utsatt for og dermed ført til en knekkskade som ble vurdert av inspektør som både skadegrad 4 og skadekonsekvens V4. Dette betyr at oppdragsgiveren blir umiddelbart kontaktet og konsekvensreducerende tiltak vurderes snarest for å hindre ytterligere forverring.



Figur 21 – En tydelig deformasjon i form av knekking på steget. Foto fra inspeksjon.



Figur 22 – Tilsvarende deformasjon på motsatt side av landkaret. Foto fra Inspeksjon.

5.2.2 Småge

Småge ferjekai var den eldste av ferjekaiene, og er konstruert i 1970-årene [6] (Figur 23). Det er vel å merke at denne ferjekaien hadde et høyere omfang av skadeantall fra både tidligere år og nye skader fra denne inspeksjonen. Skadegradene og konsekvensgradene var tallrike i V3-kategori og mange med skadegrad 3 og 4. Ifølge inspektør vil ikke denne være i drift i lang framtid, og denne må oftere inspekteres før det til slutt blir tatt en avgjørelse om nedstenging. Inntil videre må disse fremdeles opprettholdes i forsvarlig tilstand til tross for den store mengden med skader av høyere grad.



Figur 23 - Småge ferjekai – Venstre: Svært korrodert og gammelt fenderverk.

Høyre: Armeringskorrosjon på undersiden og skjev betongplate. Foto fra inspeksjon.

5.3 Samtale med inspektør

I etterkant av inspeksjonen fikk jeg en samtale med bruinspektør fra Møre og Romsdal fylkeskommune. Her ble det forklart hvordan slike oppdrag blir oppfulgt i praksis, og hvordan grunnlaget blir lagt på basis av Håndbok V441. Skjemaet for skadevurdering som ble brukt under denne undersøkelsen tar han med seg til kontoret, der han går igjennom bildene som ble tatt med kameraet og registrerer disse systematisk i Brutus. Noen ganger benytter inspektøren ikke slike skjema i papir, men registrerer skader direkte på stedet inn i Brutus via en iPad. Dette er den enkleste måten å utføre det på, men noen ganger foretrekkes det likevel å ta en gjennomgang på kontoret.

Videre forklarte han også om hvorfor det kan observeres en gigantisk stigning i antall skader registrert etter 2020. Det ble referert til en tidligere hendelse som ble omtalt i VG for «De forsømte broene, der det ble lagt lys på hvordan Statens Vegvesen hadde håndtert et stort antall av kritiske skader på bruer i Norge etter de ble registrert [5]. Mange skader innenfor de mest alvorligste kategoriene, blant annet flere av disse med skadegrad 4 og B4/T4 i konsekvensgrad, hadde ikke fått utført nødvendige konsekvensreducerende tiltak innen fristen slik veilederen på dette tidspunktet stilte krav til.

Etter denne saken fikk oppmerksomhet, tok Statens Vegvesen grep for å endre praksisen til bruinspeksjon samt følgene av de. I 2019 ble det publisert en ny veileder for bruinspeksjon «Håndbok V441 Bruinspeksjon 2019» [3]. Det førte til en rekke forebyggende endringer for praksisen. Nå skal skader av lavere grad fanges opp og legges i Brutus, og at flere skader skal direkte inn i databasen, selv om tilstanden er langt fra kritisk. Bruinspeksjoner forekommer

oftere, og terskelen for å utføre tiltak er blitt betydelig senket. Med dette er tilstanden til bruer og ferjekaiar synliggjort for alle via Brutus, og skadeantallet har økt som følge av den nye praksisen. Her legger inspektøren til at tidligere ble skader og tiltak utført via e-post-kommunikasjon istedenfor at de ble registrert i Brutus.

Når vi kommer inn på temaet skadetyper er korrosjon den skadetypen som helt klart er overrepresentert både om en tar med (Figur 15) eller siler ut SG1 skadene (Figur 16). Deretter kommer «Mangler» og riss/sprekk. Her forklarer han at siden ferjekaibrua, landkaret og fenderverkene er stålkonstruksjoner som konstant er i kontakt med sjøvann enten undervanns, eller bølgeslag, vil korrosjonsskader være uunngåelig og forekomme oftere enn andre skader. At riss/sprekk forekommer ofte i betongen er også naturlig på grunn av reaksjonskrefter fra MV-Fendere som tilleggskaiene hele tiden blir utsatt for når ferje legger til kai. Riss på tilleggskaiene kan også komme av armeringskorrosjon i betongen som har oppstått på grunn av kontakt med sjøvann over tid.

Inspektør svarer også på om hvorvidt observerte forskjeller i skadeomfang mellom de geografiske lokasjonene i fylket kan forklares av lokale forhold. Her sier han at det er sannsynligvis ikke lokalgeografi som spiller sterkest inn i disse forskjellene, men det at disse er konstruert i samme tidsperiode på 60- og 70-tallet, som gjør disse betydelig eldre enn de resterende ferjekaiene i undersøkelsen.

Til slutt legger inspektøren til oppdatert informasjon per 12.05.2022 om ferjekaiene på Nordøyane; Flere av disse allerede nå er tatt ut av drift. Dette er også ventet for de andre ferjekaiene i området i nær fremtid, og at de konstruerte bruforbindelsene mellom øyene erstatter disse.

6 DISKUSJON

Med tydelige oversiktlige diagram over skadenes omfang på ferjekaiene, er det mulig å se flere trender. I dette kapittelet skal det drøftes over resultatene fra kapittel 4, samtalen med bruinspektør og observasjoner fra inspeksjonen i kapittel 5.

6.1 Skader over tid

Dersom en studerer det samlede antallet av skader over tid på alle de observerte ferjekaiene, er det mulig å se at alle de seks ferjekaiene som hører til området «Nordøyane» har en helt tydelig overlegenhet i antall skader, med unntak av Magerholm ferjekai som har det fjerde største antallet (Figur 12). Hva kan være årsaken til at ferjekaiene på Nordøyane har de fleste skadene? Bruinspektør forklarte dette med at det sannsynligvis kan være på grunn av at disse ble konstruert i 60-70 årene (se kap. 5.3 Samtale med inspektør).

Videre er det mulig å se at sambandet Magerholm – Ørsneset har en svært stor skjevfordeling i antall skader i og med at Magerholm har 19 skader, mens Ørsneset har 8 skader. Hva kan forklare denne skjevfordelingen i samme samband? Etter inspeksjonen (kap 5 Inspeksjon Ferjekai) kom det frem en mulig forklaring fra ansvarlig inspektør i Møre og Romsdal Fylkeskommune; Ørsneset Nord er konstruert helt ny i 2015, og har derfor få skader, mens Magerholm er bygget i 1997 og er mye eldre, som kan forklare noe av forskjellen i antall.

Til sammenligning har sambandet Kvanne-Rykkjem på Nordmøre et relativt godt balansert forhold i skademengden med Kvanne på totalt 9 skader og litt flere på Rykkjem med 12 skader. I tillegg til at dette er et jevnt balansert antall, er også antallet av de laveste om en sammenligner med de resterende ferjekaiene. Kun Ørsneset kommer bedre ut med 8 opptelte skader totalt. Data fra Brutus viser at Kvanne-Rykkjem er konstruert i 1997 [6]. Hvorfor disse likevel har et så mye lavere antall skader enn Magerholm, er vanskelig å svare på, men kan muligens forklares av årsaker som er knyttet til blant annet ferjestørrelse, frekvens på ferjeavganger eller lokalmiljø.

6.2 Skadetyper

Ut fra diagrammet (Figur 15) kan man se hvordan de ulike skadetyperne fordeler seg, og samtidig få en oversikt over antallet. Det er tydelig at det er en klar overrepresentasjon av korrosjonsskader på alle ferjekaiene. Slik diagrammet kan tolkes, tyder det på at andelen av korrosjonsskader ser ut til å være tilnærmet lik for hver ferjekai (Figur 15). Da er det viktig å merke at noen av kriteriene som ble satt i datainnhentingssfasen var å ta med alle korrosjonsskader uavhengig av skadegrad og konsekvensgrad. Det er naturlig at dette kan være en mulig årsak til denne overrepresentasjonen, da de fleste av de andre skadene hadde høyere kriterium for å bli inkludert.

Derfor er det neste diagrammet (Figur 16) interessant å studere. Dette stolpediagrammet er basert på de samme dataene fra forrige diagram (Figur 15), men i det nye diagrammet er det besluttet å ekskludere alle SG1 skader, for å fjerne en av kategoriene der korrosjon hadde en fordel i datainnhenting. Slik kan kriteriene utlignes litt mer (men ikke helt), for å se om denne overrepresentasjonen fortsatt holder ved.

Diagrammet (Figur 16) uten SG 1 viser noe kutt av antall korrosjonsskader og enkelte andre skadetyper, men forholdet av skadetyperne er ikke betydelig endret. Dermed ser det likevel ut som at korrosjonsskader er en helt klart dominerende skadetype.

Neste skadetype er mangel/andre skader, denne kategorien er et paraplybegrep som tar for seg alle skader som ikke hører til under de andre skadetyperne.

Etter inspeksjonen fikk jeg en samtale med inspektør (se kap 5.3). Forklaringen hans var at ferjekaibrua, landkaret og fenderverkene er stålkonstruksjoner som er i kontakt med saltvann fra sjøen. Derfor vil korrosjonsskader være dominerende og forekomme oftere enn alle andre skadetyper. Han la også til at mye riss/sprekk-skader i betongen er også naturlig på grunn av reaksjonskrefter fra fenderverk på tilleggskaia. Disse blir konstant utsatt for krefter når ferje legger til kai. Armeringskorrosjon kan også være årsak til Riss/sprekk på grunn av saltvannet.

6.3 Skadegrad

For en generell standard til å karakterisere en skades nivå, er benyttet skadegrad som skala. Dette er det aller første en vurderer og legger merke til under inspeksjon.

Basert på resultatet (Figur 17), kan det se ut som at de fleste skadene som er registrert har middels til moderat skadegrad. Det kan være positivt at mange skader blir fanget opp her,

siden disse har potensiale til å utvikle seg, men samtidig ikke nødvendigvis har stor alvorgrad konsekvensmessig. Tallet på SG 1 kan muligens være lavt på grunn av liten alvorgrad for konsekvens og synlighet. Disse skadene kan rett og slett lettere bli oversett under inspeksjon enn de med høyere SG.

Under en inspeksjon er tidsomfanget begrenset når mange ferjekaier skal undersøkes, og derfor kan være at de alvorligste skadene blir prioritert og oppdaget først.

Ifølge samtale med bruinspektør om lave tall for SG 4, kan en mulig årsak være at disse har fått gjennomført tiltak raskt etter de ble oppdaget, og er dermed løst. Såkalte 4-4 skader, skader som har både SG 4 og KG 4, skal tas hånd om med tiltak snarest med kort tidsfrist.

6.4 Skadekonsekvens

Det er analysert både hvordan antallet av konsekvenstyper har utviklet over femårsperioden og det totale antallet og andeler skadekonsekvens med konsekvensgradene. Først observeres utviklingen av konsekvenstypene.

6.4.1 Konsekvenstype

Ut fra hva linjediagrammet (Figur 19) viser, observeres det noen svært tydelige funn. Fra perioden 2017-2020 er det ikke mulig å tyde noen økning av konsekvenstypene B, T og M. Konsekvenstype V derimot, har hatt en jevn økning for hvert år fra 2017 helt frem til år 2020, men fra 2020 til 2021 observeres det en enorm stigning igjen fra litt under 40 skader til underkant av 160 registrerte skader på et år. Et spørsmål som er naturlig å stille etter denne observasjonen, er hvorfor skjer denne enorme stigningsendringen av V-skader, mens M, B og T fremdeles holder seg lavt?

Det kan se ut som at økningen av V-skader følger tett opp diagrammet for skadeantall over tid (Figur 13, kap 4.1), hvor en kan observere en lignende utvikling. Det er viktig å merke seg også at siden diagrammet er antallsbasert og ikke andelsbasert, kan en liten endring i de minste kategoriene ikke komme til syne på et slikt grovt linjediagram. Dette kan være årsaken til at utviklingen av B, T og M ikke synlig her.

Diagrammet er likevel interessant, fordi det gir et bilde av hvor overlegent konsekvenstype V er i skaderapporteringen i forhold til de andre kategoriene. Ut fra denne observasjonen kan en

stille seg spørsmålet; Hvorfor er det en slik skjevfordeling for V opp mot de andre konsekvenstypene?

Etter en samtale med bruinspektør fra Møre og Romsdal Fylkeskommune fikk jeg en mulig forklaring på denne fordelingen. Når en skade blir observert under inspeksjon vil først skadegraden settes for å karakterisere størrelsen/omfanget den har på konstruksjonsdelen eller gjenstanden. Deretter vil det bli tatt en konsekvensvurdering av nettopp denne skaden. Hvilken konsekvens vil denne skaden gi? B-skader og T-skader er svært alvorlig for sikkerheten og er de skadene som har alvorligst konsekvens. Oftest vil de fleste skader starte som en skade som kun har konsekvens for vedlikeholdskostnader, altså V. Om tiltak ikke blir utført, kan disse utvikle seg, og når dette skjer vil de kunne få et utvidet konsekvensutfall som også kan true bæreevnen eller trafiksikkerheten. Da vil disse heller ikke miste V, men bli påført en B og/eller T vurdering i tillegg. Siden B- og T-skader er prioritert når det kommer til konsekvensreducerende tiltak, vil disse naturlig nok bli redusert, noe som videre kan bidra til skjevfordelingen.

Skader som har konsekvens for miljø og estetikk(M) har lavest antall. Svaret på dette kan ligge i kategoriens natur som er at disse normalt ikke blir påført av naturlige årsaker, men i større grad av vandalisme eller andre spesielle tilfeller. Disse forekommer oftere på bruer enn på ferjekaier.

6.4.2 Konsekvensgrad

Det tyder på at diagrammet med konsekvensgrad (Figur 20) følger parallelt opp til konsekvenstype-diagrammet (Figur 18) og viser en grov skjevfordeling av konsekvenstypene her også med konsekvenstype V overrepresentert. Det som er nytt av informasjon fra dette diagrammet, er at dette gir en klarere oversikt av den faktiske fordelingen av konsekvenstypene med alvorlighetsgraden til skadekonsekvensene. Det er mulig å finne ut hvor de alvorligste skadene befinner seg.

Også her er det interessant å finne ut av hvorfor antallet av alle konsekvensgradene ser ut til å øke fra KG 1 til en stagnering mellom KG 2 og KG 3, før det synker på KG 4 igjen (Observeres på alle konsekvenstypene). Det kan se ut som de fleste KG fordeler på de to sentrale verdiene. Igjen kan en vise til teorien for bruinspeksjon (se kap 2.4.2.3 Skadekonsekvens), dersom tilfeller av de alvorligste konsekvensgradene (KG 4) oppdages, skal forvalter/oppdragsgiver kontaktes snarest [3]. Det kom også fram fra samtale med

bruinspektør at det er vanlig praksis å utføre tiltak på KG 4 snarest. Dette er en mulig forklaring på nedgangen av skader med KG 4. Siden det også er kjent fra V441 at flere skader får ofte planlagt konsekvensreducerende tiltak allerede på KG 3-stadiet, kan det også være at mange skader ikke utvikler seg til KG 4.

Et argument for at KG 1 har et lavt antall, kan være av samme grunn som SG 1 (se kap 4.3 Skadegrad). Disse kan være så små at de blir oversett, eller at de ikke har noen fare for utvikling.

EGENVURDERING

Skadevurdering av ferjekaier er svært viktig å kartlegge. Å hente inn data fra Brutus for å danne en statistisk analyse for tilstanden til vilkårlige ferjekaier i fylket, har vært en interessant og lærerik prosess. Prosessen har tatt meg fra å sette meg inn i ferjekaier og konstruksjonselementene som utgjør kaia. Her har jeg lært mye om de grunnleggende funksjoner og materialer som er sentrale for alle ferjekaier. Samtidig har jeg forstått mer om hvordan samspillet mellom materialer, laster og skader henger sammen. Jeg har også lært om hvordan tilstanden til ferjekaier blir forvaltet som en underkategori av bruer, og hvordan disse skal inspekteres. Jeg har lært mye om grunnteorien Statens Vegvesen har lagt til rette for at skader vurderes på en forsvarlig og systematisk måte over tid.

Dette har videre gitt meg et grunnlag for å forstå dataene jeg har analysert i form av diagrammer og tabeller. Her har jeg trekket paralleller fra teorien til å forstå hva som påvirker tilstandene, utviklingen og endringene av skadeomfanget på ferjekaiene i fylket. Jeg har systematisk delt opp skadedataene for å analysere og diskutere disse hver for seg. Til slutt satt jeg sammen de separate analysene for kunne trekke frem et helhetlig bilde og felles sammenhenger mellom disse dataene.

Denne prosessen har gitt meg flere interessante funn og inspeksjonen jeg tok del i gav meg nye innsikt som svarte på mange spørsmål som har dukket opp i denne statistiske analysen, samtidig som jeg fikk en sterkere knytting mellom teorien og praksis.

Jeg synes det har vært spennende å arbeide med denne analysen, det har vært en lærerik prosess og jeg har modnet sammen med oppgaven. Det er svært nyttig å produsere et selvstendig analytisk arbeid som har gitt meg en god trening på selvdisciplin, refleksjon og kritisk tenkning. Samtidig har samtaler med fagpersoner og observasjoner fra inspeksjon bidratt til å se flere aspekt.

7 KONKLUSJON

En statistisk analyse av skadene på ferjekaier i fylket er interessant å studere. Dataene fra Brutus holder på informasjonen om den nåværende tilstanden til alle disse ferjekaiene, og opplysninger som er rapportert inn fra inspeksjonene de siste årene. Analysen har gitt flere interessante funn.

Ut ifra dataene fra Brutus, har den statistiske analysen ført frem til gode og oversiktlige diagrammer, som viser tilstanden til ferjekaier basert på ulike elementer som det er valgt å se nærmere på. Dette har vist ulike funn som av hvordan skadeantall, skadetyper, skadegrad og skadekonsekvens over et tidsrom henger sammen, hvordan de fordeler seg og hvordan disse varierer mellom seg fra ferjekai til ferjekai. Basert på dette, er det diskutert hva som kan være årsaker eller forklaringer til de resultatene som er observert, og hvorfor variasjonene er som de er. Her har det vært svært viktig å trekke frem teorien som forklarer inspeksjonsprosessen med skadevurderingskriteriene og samtidig observeringer fra selve inspeksjonen for å undersøke hvordan disse vurderes i praksis. På samme tidspunkt har spørsmål og svar fra samtalen med inspektør gitt et godt bidrag til å lede diskusjonen for årsakene i riktig retning.

De tre geografiske lokasjonene som er undersøkt har betydelige forskjeller på det generelle tilstandsnivået. Noen klare funn fra analysen er at ferjekaiene på Nordøyane og Magerholm ferjekai er i svært dårlig stand sammenlignet med sambandet i Nordmøre og Ørsneset ferjekai. Det er basert på at disse har det høyeste skadeantallet og en større andel av skadene har høyere skadegrad og konsekvensgrad, samt større andel av skadene truer bæreevnen og trafiksikkerheten.

Etter disse observasjonene er flere spørsmål som har kommet frem i diskusjonen. Er det mulige forklaringer på hvorfor det observeres slike skjevfordelinger av skadeantall og alvorlighetsgrad? Hvorfor er korrosjon den dominerende skadetyper? Hvorfor er konsekvenstype V overlegent? Hvorfor er det funnet en stor overvekt av skader fra 2021? Det er ikke kommet frem et entydig svar på disse, men etter å ha undersøkt ulike aspekt fra teorien og en samtale med bruinspektør, er det konkludert til flere faktorer som kan gi en årsak til disse observasjonene.

Blant de mest logiske faktorene er det at ferjekaiene på Nordøyane er mye eldre og derfor har flere slitasjer som kommer naturlig med tiden sammen med at værforholdene der er ikke så skjermet som de andre ferjekaiene. Hvorfor Magerholm er den eneste utenfor dette området med et så stort skadeomfang er det ikke funnet et tydelig svar på.

Korrosjon er dominerende fordi at store deler av ferjekaia har konstruksjonselementer av stål som er i kontakt med sjøvann. Høyt antall av V-skader kan forklares med at mange skader fra B og T ofte har opphav i V-skader og at disse kategoriene er prioritert når det skal utføres konsekvensreduserende tiltak. Endret praksis av bruinspeksjon etter en omdiskutert sak har forårsaket til at nye skader registreres i et mye større omfang, dermed flere registrerte skader mot slutten av femårsperioden.

VIDERE STUDIER

Dataene som er behandlet og analysert fra Brutus har bidratt med å gi en klarere oversikt over hvordan skaderapporteringen har foregått de siste årene, og kan bidra som et grunnlag til å forutse hvordan utviklingen kan utvikle seg i fremtiden. De neste årene vil kunne gi en bedre oversikt over skaderapporteringen med de relativt nylig innførte rapporteringsmetodene. Og på grunn av denne oppgavens begrensninger, er det noen faktorer som gjerne kunne vært nyttig å inkludere i en fremtidig skadeutviklingsanalyse. Disse kan blant annet være skadeårsaker, konstruksjonsåret og et høyere utvalg av ferjekaier fra flere regioner.

Dette er noe som kan være interessant å se nærmere på i en fremtidig undersøkelse.

REFERANSELISTE

- [1] Tverrfaglig vegnormalgruppe. (2021, Juni 28). *Definisjonsliste for Statens vegvesens håndbøker*. Hentet fra vegvesen.no:
<https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/definisjoner/> (Hentet 18. Mai, 2022)
- [2] Vegdirektoratet. (2017). *Håndbok V431 - Ferjekai - Prosjektering*. Statens Vegvesen.
- [3] Vegdirektoratet. (2019). *Håndbok V441 - Bruinspeksjon*. Statens Vegvesen.
- [4] Statens Vegvesen. (u.å.). *Forvaltning*. Hentet fra vegvesen.no:
<https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/forvaltning/> (Hentet 18. Mai, 2022)
- [5] Nilsen, S. , Engan, Ø. , Norman, M. og Braastad, J. (2017, 13. november) *De forsømte broene*. VG. <https://www.vg.no/spesial/2017/de-forsømte-broene/alvorlige-skader/> (Hentet 18. Mai, 2022)
- [6] Statens Vegvesen(u.å.), Skadedata, Databasen Brutus v. 5.2.0

VEDLEGG

Vedlegg A – Skadedata fra Brutus (Excel dokument)