



RiskBIM – Risikostyring i BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter

| IFE/E-2022/012 |

Thomas Welte, Morten
Gustavsen, Jørn Vatn,
Liliya Zhupanova,
Grethe Lillehammer,
Robert Ganz



Research for a better future

IFE/E-2022/012	ISSN: 2535-6380	Revision No. 1	Publication date: 29.11.2022
ISBN: 978-82-7017-942-8	DOCUS-ID: 57272		Number of pages: 48
Client/Client ref.: Norges Forskningsråd			
Title: RiskBIM - Risikostyring i BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter			
<p>Summary: This report summarizes the main results from the RiskBIM project (Risk management for BIM-driven public transport projects) supported by the Norwegian Research Council. RiskBIM dealt with the use of digital models and BIM tools in risk management for transport projects. The overall goal of the project was to improve current work processes, methods, and tools for risk management by exploiting the potential of BIM (Building Information Model), with a special focus on RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) and SHA (Safety, Health, Working Environment). New knowledge in the project was mainly obtained by developing various new innovative concepts within the topic and testing or piloting these in a realistic setting (pilot studies). The RiskBIM-project developed various concepts that can help to utilize BIM for the risk subjects in a better way:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visualize risk-related information in the BIM model and update this information in BIM • Interaction between design and RAMS in BIM by utilizing a project collaboration tool and linking this to BIM • Integrate and visualize risk from different subjects in maps and models throughout the life cycle of a project • Use the open BIM standard BCF for the exchange of risk-related information • Streamline and automate risk analyses by turning risk models into BIM <p>The concepts were implemented in or connected to BIM (and GIS) through prototype solutions developed in RiskBIM. The solutions were subsequently tested by various project participants through pilot studies with user involvement where it was demonstrated improvements by means of:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Improved visualization of risk factors • User-friendly web-based concept that connects BIM with risks and hazards • Linking risk-related information to BIM, or linking information in BIM to risk models • Use open and free standards <p>RiskBIM had its main focus on the design and construction phase of transport projects, but student work also shed light on the use of BIM in the operation and maintenance phase to explore the opportunities BIM can provide after transport projects have been completed. The studies showed that there are a number of challenges related to BIM in the operations and maintenance phase that either need to be solved in order to use BIM for certain purposes, or require clarification of which alternative tools to use instead of BIM (e.g. GIS, maintenance management systems, etc.).</p>			
	Prepared by: Thomas Welte, Morten Gustavsen, Jørn Vatn, Liliya Zhupanova, Grethe Lillehammer, Robert Ganz		
	Reviewed by: The RiskBIM project board		
	Approved by: Michael Louka		



Institute for Energy Technology
P.O. Box 40, NO-2027 Kjeller, Norway / P.O. Box 173, NO-1751 Halden
Telephone: +47 63 80 60 00/ +47 69 21 22 00
<https://ife.no> / firmapost@ife.no

Contents

Sammendrag	2
Forkortelser, begreper og definisjoner	4
1 Innledning.....	6
1.1 ORGANISERING AV PROSJEKTET	6
1.2 PROSJEKTMÅL OG PROSJEKTAKTIVITETER	6
1.3 RAPPORTSTRUKTUR.....	9
1.4 SAMARBEID MED ANDRE PROSJEKTER OG SPIN-OFF AKTIVITETER.....	10
2 Bakgrunn for prosjektet og statuskartlegging.....	11
3 Pilotstudier	13
3.1 PILOTSTUDIE 1A – VISUALISERING AV RISIKORELATERT INFORMASJON I BIM	15
3.2 PILOTSTUDIE 1B – SAMHANDLING PROSJEKTERING/RAMS I BIM.....	16
3.3 PILOTSTUDIE 2A – HÅNDTERING AV FARER OG RISIKO FRA VUGGE TIL GRAV	17
3.4 PILOTSTUDIE 2B – STANDARDER FOR UTVEKSLING AV RISIKORELATERT INFORMASJON	18
3.5 PILOTSTUDIE 3 – AUTOMATISERTE ANALYSER.....	19
3.6 PILOTSTUDIE X – BIM I DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSFASEN	20
4 Konklusjoner og anbefalinger	21
4.1 KONKLUSJONER.....	21
4.2 ANBEFALINGER FOR IMPLEMENTERING OG VIDERE ARBEID.....	23
Referanser.....	25
Vedlegg 1 Pilotstudie 1a – Visualisering av risikorelatert informasjon i BIM	26
Vedlegg 2 Pilotstudie 1b – Samhandling prosjektering/RAMS i BIM.....	29
Vedlegg 3 Pilotstudie 2a – Håndtering av farer og risiko fra Vugge til Grav.....	32
Vedlegg 4 Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon.....	36
Vedlegg 5 Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser.....	39
Vedlegg 6 Pilotstudie X – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen.....	42
Vedlegg 7 Oversikt over prosjektresultater	44

Sammendrag

RiskBIM – Risikostyring for BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter var et forskningsprosjekt som ble utført i perioden juni 2019 - oktober 2022. Bane NOR, Statens vegvesen, COWI, Multiconsult, Institutt for Energiteknikk (IFE) og NTNU var prosjektdeltakerne. Norges Forskningsråd støttet prosjektet finansielt gjennom TRANSPORT programmet.

RiskBIM omhandlet bruk av digitale modeller og BIM-verktøy i risikostyringen for samferdselsprosjekter. Det overordnede målet med prosjektet var å forbedre dagens arbeidsprosesser, metoder og verktøy for risikohåndtering ved å utnytte potensialet som ligger i BIM (Building Information Model), med et spesielt fokus på RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) og SHA (Sikkerhet, Helse, Arbeidsmiljø). Ny kunnskap i prosjektet skulle i hovedsak oppnås ved å utvikle ulike nye innovative konsepter innenfor temaet og teste eller pilotere disse i en realistisk setting (pilotstudier).

Prosjektet startet 2019 med å kartlegge og analysere state-of-the-art arbeidsprosesser for risiko i transportsektoren og hvordan BIM-verktøy støtter behovene til risikofagene (inkl. RAMS og SHA). Dette arbeidet ble gjennomført i form av en serie med intervjuer med sluttbrukere, spørreundersøkelser og innhenting av relevante modell- og risikodata som grunnlag for å forstå problemet. Gjennom undersøkelsen ble det bekreftet utgangspunktet for prosjektet, dvs. at BIM i liten grad er benyttet som verktøy for RAMS- og SHA-faget i samferdselsprosjekter.

Prosjektet utviklet i de etterfølgende fasene ulike konsepter som kan bidra til å utnytte BIM for risikofagene på en bedre måte. Disse konseptene er:

- Visualisere risikorelatert informasjon (f.eks. farer og tiltak) i BIM-modellen, samt oppdatere denne informasjonen i BIM
- Samhandling mellom prosjektering og RAMS i BIM ved å benytte et prosjekt-samhandlingsverktøy og koble dette til BIM
- Integre og visualisere risiko fra ulike fag i kart og modell gjennom livsløpet til et prosjekt
- Benytte åpen BIM-standard BCF for utveksling av risikorelatert informasjon
- Effektivisere og automatisere risikoanalyser gjennom å koble risikomodeller til BIM (i dette prosjektet: koble BIM til en BowTie-modell)

Konseptene ble implementert og/eller koblet til BIM (og GIS) gjennom prototyp-løsninger utviklet i RiskBIM. Løsningene ble etterpå testet av ulike prosjektdeltakere gjennom pilotstudier med brukerinvolvering.

Gjennom pilotstudiene kunne prosjektet vise at flere av de utviklede konseptene vil gi mer effektive arbeidsprosesser innenfor RAMS og SHA. Disse forbedringen kunne oppnås gjennom

- Bedre visualisering av risikoforhold
- Brukervennlig web-basert konsept som kobler BIM med risiko og farer
- Kobling av risikorelatert informasjon til BIM, eller kobling av informasjon i BIM til risikomodeller
- Benytte åpne og frie standarder

RiskBIM hadde sitt hovedfokus på prosjekterings- og byggefasen i samferdselsprosjekter. I ekstra studier utført av NTNU, belyste RiskBIM-prosjektet bruken av BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen for å utforske mulighetene BIM kan gi etter at samferdselsprosjekter er avsluttet. Studiene viste at det er en del utfordringer knyttet til BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen som enten må løses for å kunne benytte BIM for visse formål, eller krever en avklaring av hvilke alternative verktøy som skal benyttes istedenfor BIM (f.eks. GIS, vedlikeholdssystemer, etc.).

Gjennom pilotstudiene har RiskBIM-prosjektet vist et mulighetsrom. Det ble ikke utviklet et ferdig verktøy eller kommersielle løsninger i prosjektet, men prosjektet laget en forenklet løsning (prototype) som var tilpasset pilotstudiene og deltakerne i pilotstudiene for å demonstrere konsepter. Når RiskBIM-konsepter tas i bruk, må dette skje gjennom løsninger som er tilpasset behovene og rammene brukerne har. Her må det bl.a. tas hensyn til systemer og verktøy som allerede er i bruk i bedrifter og selskaper, som f.eks. hvilket BIM-verktøy som brukes, hvilket prosjektstyringsverktøy, hvilket databaseverktøy for registrering av farer, ulykker eller annen risikorelatert informasjon, etc. Noen av disse systemene og verktøyene må knyttes sammen for å kunne ta i bruk beskrevne konsepter fra RiskBIM-prosjektet, dvs. det må lages en bruker- og selskapstilpasset løsning for å realisere RiskBIM-konseptene.

Resultater fra prosjektet er oppsummert i denne rapporten. I tillegg til den overordnede resultatpresentasjon i denne rapporten har RiskBIM-prosjektet levert flere notater, rapporter og annen dokumentasjon som er tilgjengelige for prosjektdeltakerne. Noen resultater er også tilgjengelig gjennom fire artikler som ble presentert på og publisert på den internasjonale konferansen ESREL (European Safety and Reliability Conference).

Forkortelser, begreper og definisjoner

Begreper og definisjoner

Begrep	Definisjon	Kilde/kommentar
risikofag	risikorelaterte fagområder	i RiskBIM prosjektet er begrepet risikofag benyttet som samlebegrep for RAMS og SHA, eller mer generelt om alle risikorelaterte fagområder
risikorelatert informasjon/data	all informasjon/data for å beskrive risikoforhold og som er spesifikt relatert til risikofagene	i RiskBIM-prosjektet er dette informasjon/data som er spesifikt benyttet i risikofagene

Forkortelser

Forkortelser	Definisjon/betydning	Kilde/kommentar
API	Application Programmers Interface	Programmeringsgrensesnitt: «grensesnitt i en programvare som gjør at spesifikke deler av denne kan aktiveres («kjøres») fra en annen programvare» [Wikipedia]
BCF	BIM collaboration format	BCF er en buildingSMART-standard for kommunikasjon og samhandling i en BIM-modell
BIM	Bygningsinformasjonsmodell/-modellering	BIM er en integrert metode for bedre administrasjon av data og informasjonsflyt ved å digitalisere et jernbaneanlegg gjennom hele livssyklusen. BIM er både en modell og en arbeidsmetode, og skal være sentral i alle prosjektets aktiviteter og samarbeide mellom alle parter i prosjektet. Dette inkluderer informasjonsutveksling basert på åpne standarder og modellbaserte arbeidsprosesser for bedre kvalitet, kommunikasjon og håndtering av data og informasjon. (BIM definisjon fra Nordic BIM Road and Rail Collaboration, BIM samarbeid mellom Nordiske byggherrer for veg og jernbane)
ESRA	European Safety and Reliability Association	
ESREL	European Conference on Safety and Reliability	ESREL arrangeres årlig av ESRA
IFE	Institutt for Energiteknikk	
JSON	JavaScript Object Notation	tekstbasert standard for å formatere dokumenter som brukes for datautveksling

NND	Norsk nukleær dekommisjonering	norsk statlig etat som leder arbeidet med en styrt avvikling av norske atomanlegg
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet	
PSAM	Probabilistic Safety Assessment and Management Conference	
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdbarhet/vedlikeholdsvennlighet, sikkerhet)	
REST	Representational State Transfer	
SHA	sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (på bygge- eller anleggsplasser)	begrepene sikkerhet, helse og arbeidsmiljø er basert på byggherreforskriften

1 Innledning

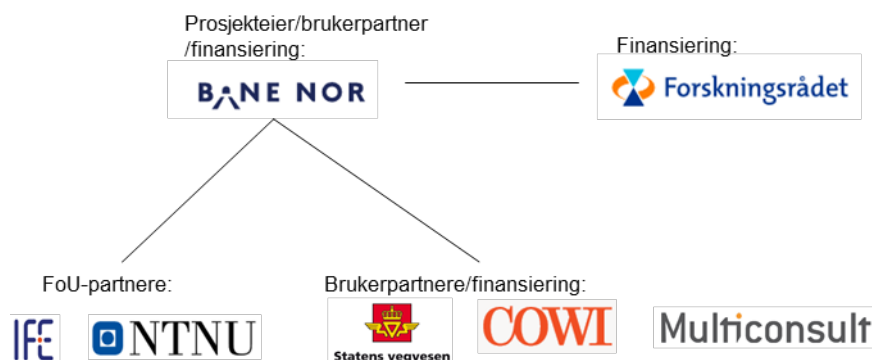
1.1 Organisering av prosjektet

Risikostyring i BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter (RiskBIM) var et forskningsprosjekt støttet av Norges Forskningsråd, prosjekt nr. 295927. Prosjektet var et *Innovasjonsprosjekt i offentlig sektor* i Forskningsrådets *TRANSPORT* program. Prosjektet ble gjennomført i perioden juni 2019 - oktober 2022.

Prosjektdeltakere var:

- Bane NOR
- Statens vegvesen
- Multiconsult
- COWI
- Institutt for Energiteknikk (IFE)
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Bane NOR var prosjektansvarlig, og IFE var hovedleverandør av forskningsbidraget. Statens vegvesen, COWI og Multiconsult hadde både finansierende og utførende roller, og NTNU hadde en utførende rolle som forskningspartner.



Figur 1.1 Prosjektorganisering og prosjektdeltakere

RiskBIM omhandler smart bruk av digitale modeller og BIM-verktøy i risikostyringen for samferdselsprosjekter. Det overordnede målet med prosjektet er å forbedre dagens arbeidsprosesser, metoder og verktøy for risikohåndtering ved å utnytte potensialet som ligger i BIM (Building Information Model), med et spesielt fokus på RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) og SHA (Sikkerhet, Helse, Arbeidsmiljø). Ny kunnskap i prosjektet skal i hovedsak oppnås ved å utvikle innovative konsepter innenfor området og teste/pilotere disse i en realistisk setting.

1.2 Prosjekt mål og prosjektaktiviteter

Prosjektets overordnede mål var:

- Å forbedre dagens arbeidsprosesser og verktøy for RAMS og SHA ved å integrere disse i digital planlegging med BIM.

Delmål i prosjektet var:

- D1: Forbedre arbeidsprosesser og dataflyt
- D2: Forbedre metodikk for risikostyring

- D3: Forbedre visualisering av risikoforhold og status

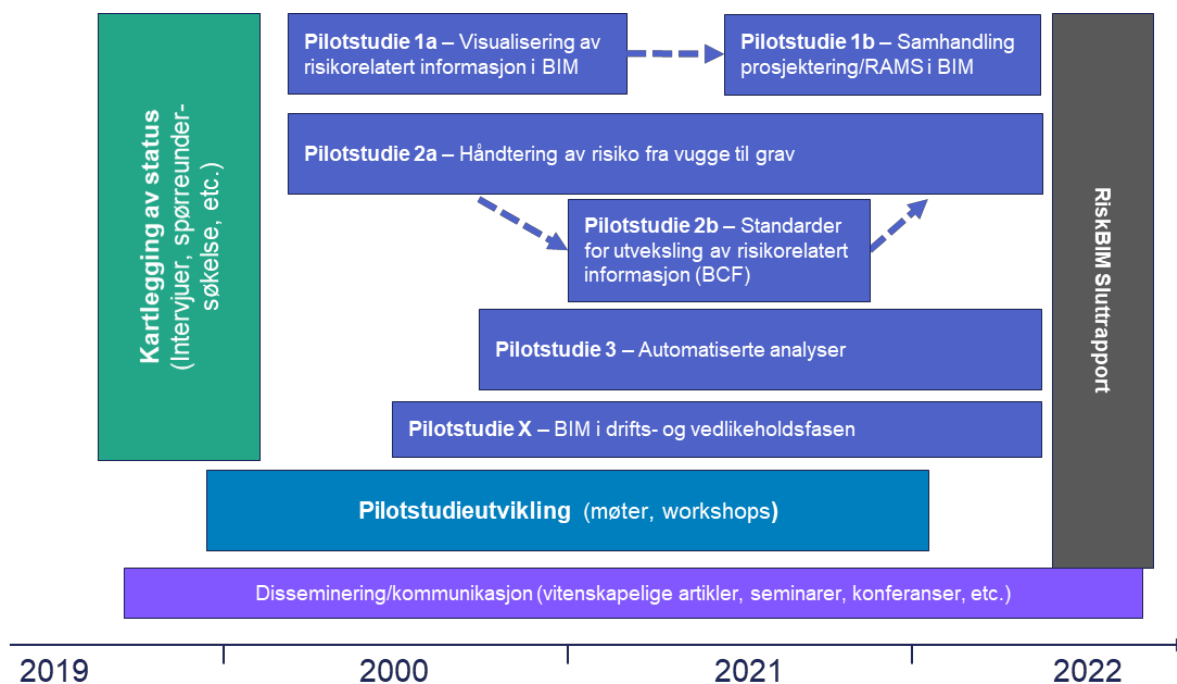
Sentralt i prosjektet var flere pilotstudier som støtter opp under målene definert i prosjektet. Pilotstudiene er:

- Pilotstudie 1a – Visualisering av risikorelatert informasjon i BIM
- Pilotstudie 1b – Samhandling prosjektering/RAMS i BIM
- Pilotstudie 2a – Håndtering av risiko fra vugge til grav
- Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon
- Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser
- Pilotstudie X – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen

Pilotstudie 1b bygger på resultater fra Pilotstudie 1a. Behovet for Pilotstudie 2b er basert på resultater fra Pilotstudie 2a, og resultatene fra 2b er pløyd tilbake til 2a. Pilotstudie X hadde en spesiell vinkling ut over prosjektets hovedfokus, som i utgangspunktet var rettet mot prosjekterings-/byggefase før vei- og baneinfrastruktur er tatt i bruk. NTNU, som hadde hovedansvar for Pilotstudie X, belyste driftsfasen og hvordan BIM-modeller kan være et verktøy i drifts- og vedlikeholdsfasen, dvs. etter at byggeprosjektene er avsluttet. Dette fordi bruken av BIM skal ikke være begrenset til prosjekterings- og byggefase, men at BIM skal på sikt spille en større rolle i drifts- og vedlikeholdsfasen også.

Pilotstudiene, og hvordan disse er relatert til prosjektets mål, er nærmere beskrevet i kapittel 3.

RiskBIM prosjektet startet i juni 2019 med en spørreundersøkelse for å kartlegge og analysere state-of-the-art arbeidsprosesser for risiko i transportsektoren og hvordan BIM-verktøy støtter behovene til risikofagene; se Kapittel 2 for flere detaljer. Etter den initiale kartleggingsprosessen, ble pilotstudiene planlagt, utviklet og gjennomført, som illustrert i figuren under. Prosjektets sluttrapport oppsummerer prosjektresultatene.

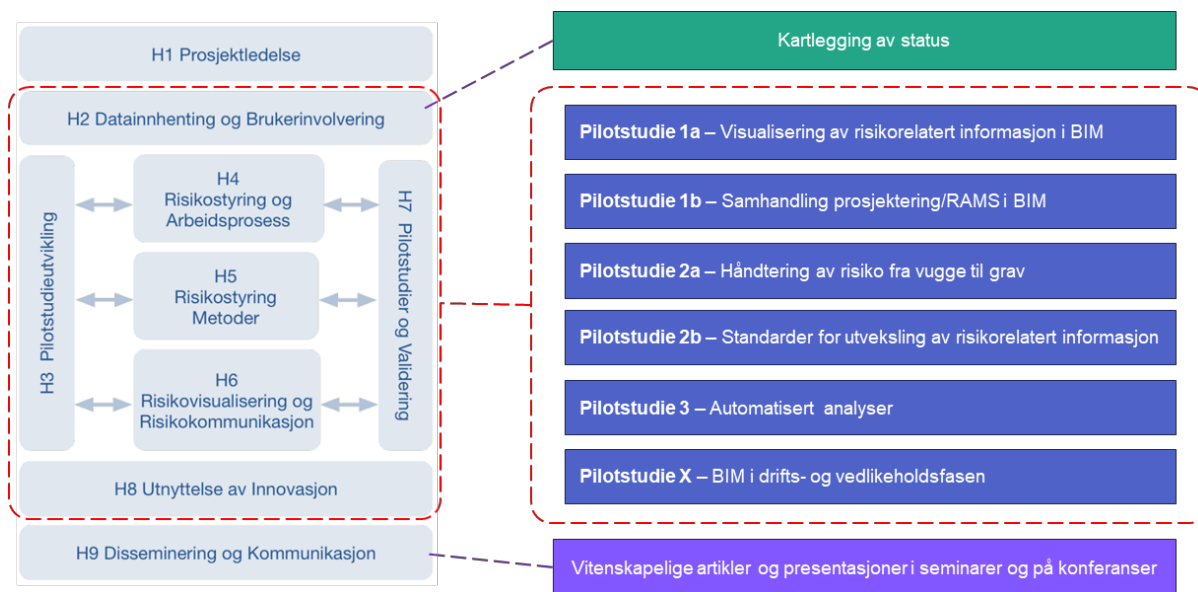


Figur 1.2 Prosjektets tidslinje

I starten av prosjektet ble det definert ni prosjekt-/hovedaktiviteter (H) for prosjektet. Pilotstudier er sentrale i prosjektet, og hovedaktivitetene H2-H7 er direkte knyttet til disse, hvorav H4, H5 og H6 er direkte knyttet til prosjektenes delmål D1, D2 og D3.

Pilotstudieutviklingen er støttet gjennom Prosjektledelse (H1) og Datainnhenting og brukerinvolvering (H2). Brukerinvolveringen var en viktig del for å definere pilotstudier av interesse for sluttbrukerne av prosjektresultatene, samt å ha tilgang til data og informasjon fra realistiske anvendelser.

Utnyttelsen av innovasjonen (H8) skjer hos prosjektdeltakerne og hos andre brukere som jobber med de samme eller lignende problemstillinger. Disseminering og kommunikasjon (H9) gjennom publikasjoner og presentasjoner av prosjektresultater bidrar til å formidle prosjektresultater innenfor og utenfor prosjektet.



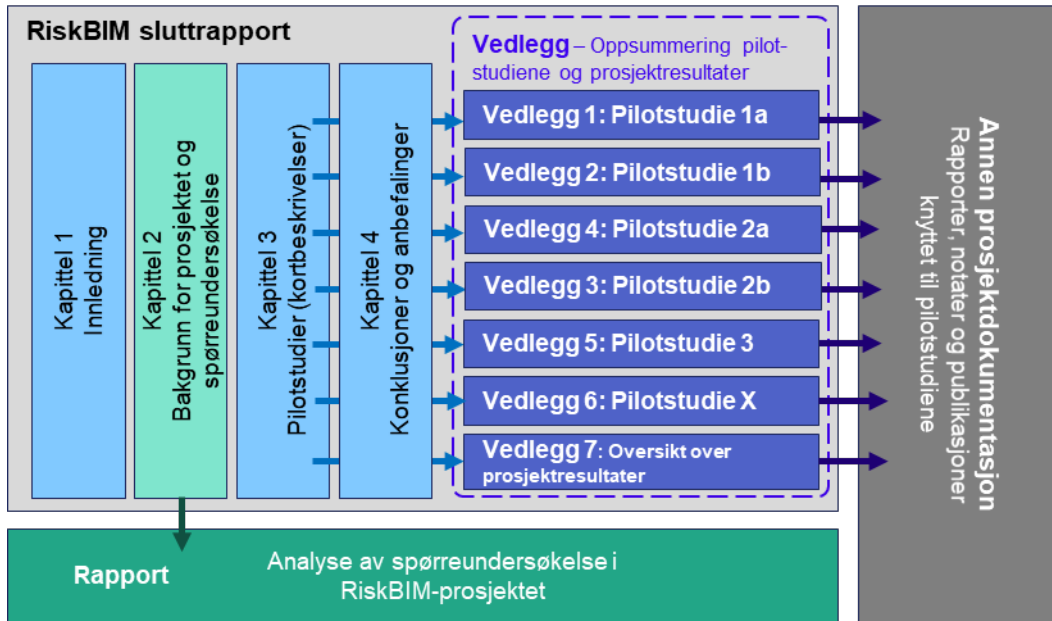
Figur 1.3 Relasjon mellom hovedaktiviteter og pilotstudier/prosjektresultater

1.3 Rapportstruktur

Hoveddelen i denne rapporten gir en oppsummering av prosjektet og prosjektresultatene. Mer detaljerte beskrivelser om prosjektresultater og utførte pilotstudier finnes i vedleggene til denne rapporten og i rapporter, notater og vitenskapelige publikasjoner knyttet til de ulike pilotstudiene. Denne sluttrapporten er bygd opp slik at man skal få en oversikt over utførte pilotstudier og kan finne fram til prosjektdokumentasjon og publikasjoner som gir en mer detaljert beskrivelse.

I starten av prosjektet er det gjennomført en spørreundersøkelse for å undersøke hvordan situasjonen oppfattes i dag mht. risikostyring og bruk av BIM-verktøy. Spørreundersøkelsen er oppsummert i kapittel 2, men alle resultater fra denne finnes i en egen rapport [1]. Spørreundersøkelsen er en viktig bakgrunn for prosjektarbeidet og utformingen av pilotstudiene som ble gjennomført i senere prosjektfaser og som er kort beskrevet i kapittel 3. Flere detaljer om pilotstudiene er gitt i vedleggene hvor også referanser til rapporter, notater og publikasjoner som gir detaljerte beskrivelser. Overordnede konklusjoner fra prosjektet og anbefalinger for å ta i bruk prosjektresultatene er gitt i kapittel 4.

For å få en oversikt over gjennomførte pilotstudier er det anbefalt å begynne å lese kortbeskrivelsene i Kapittel 3. Ønsker man å få mer informasjon om en pilotstudie, kan man se på vedleggene til rapporten hvor det finnes ett vedlegg pr. pilotstudie. Ønsker man å fordype seg i detaljer, finner man i vedleggene referanser til rapporter, notater og publikasjoner som beskriver pilotstudiene, konsepter og løsninger. Beskrevet rapportstruktur og relasjonen til tilhørende dokumentasjon er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 1.4 Rapportstruktur og relasjon til tilhørende dokumentasjon

1.4 Samarbeid med andre prosjekter og spin-off aktiviteter

Gjennom NTNU og Statens vegvesen hadde RiskBIM-prosjektet et samarbeid med Statens vegvesens program SMARTere vedlikehold. Dette samarbeidet leverte et viktig bidrag inn i Pilotstudie X.

Konsepser utviklet i RiskBIM ble overført til kjerneenergi og risiko gjennom stråling. Gjennom et samarbeid av IFE og Norsk Nukleær Dekommisjonering (NDD) er resultater fra pilotstudiene 1 og 2 videreutviklet og tilpasset anvendelser for kjerneenergi og dekommisjonering av atomreaktorer. IFE testet i tillegg RiskBIM konsepser i et europeisk forskningsprosjekt på dekommisjonering: Pleiades – Smarter Plant Decommissioning [2]

2 Bakgrunn for prosjektet og statuskartlegging

For å lage et godt grunnlag for videre arbeid, ble det gjennomført i starten av prosjektet (høst 2019) en kartleggingsdel hvor det bl.a. ble gjennomført intervjuer med sluttbrukere og en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen skulle gi bedre forståelse for hvordan ulike brukere oppfatter situasjonen mht. risikostyring og bruk av BIM-verktøy. Brukergruppene som deltok i analysen representerte både vei og bane, rådgivere og byggherrer. Personene som deltok hadde ulike roller i samferdselsprosjekter: 1. Kvalitet og ledelse, 2. prosjektering (fag), 3. SHA/RAMS, 4. prosjektleder, 5. BIM-koordinator. Målsettingen med gruppe-/rolleinndelingen var å kartlegge om det er noen tydelige forskjeller mellom de ulike gruppene eller rollene og eventuelt hva disse forskjellene skyldes.

Analysen ble gjennomført som en kvalitativ analyse. Respondentene i analysen er representanter fra prosjektets deltakere (Statens vegvesen, Bane NOR, COWI og Multiconsult) og er alle fagfolk involvert i vei- og jernbaneprosjekter.

En egen rapport [1] beskriver analysen og resultatene. Det er bred enighet om at det finnes klare definerte prosesser for identifisering og analyse av risiko tilpasset deres rolle i prosjekter. De er også enige i at lov- og regelverk og håndbøker samt egen organisasjons kvalitetssystem, prosjekteringsveileder er verktøy som gir god støtte til helhetlig tilnærming til risikostyring. I analysen kommer imidlertid fram at få respondenter opplever at BIM-verktøyenes funksjonalitet støtter dem i deres arbeid med håndtering av risiko.

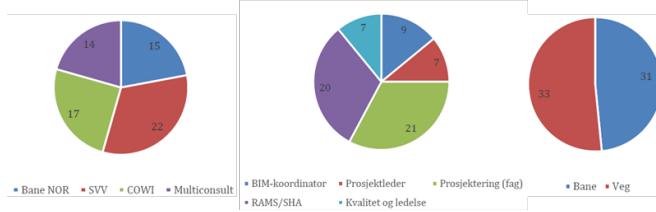
Analysen ser nærmere på forskjellen mellom personer som arbeider i veiprosjekter, samt forskjeller mellom ulike roller. Analyseresultatene viser, at det finnes et stort forbedringspotensial for bruk av modellbasert prosjektering/BIM innen risikofagene som RAMS og SHA.

Figur 2.1 viser eksempler fra analysen. For flere detaljer henvises til rapporten med resultater fra kartleggingsdelen og spørreundersøkelsen [1]. Resultater av analysen er også presentert på ESREL-konferansen i 2020 [4].

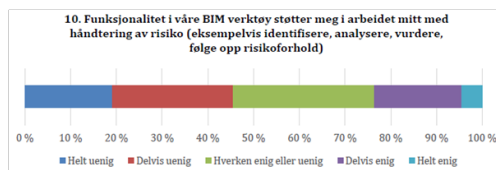
Bane NOR hadde allerede før starten av RiskBIM-prosjektet utviklet og tatt i bruk en enkel standard/løsning for visualisering av RAMS og SHA farer i BIM, som illustrert i Figur 2.2. I intervjuer beskriver brukere løsningen som forholdsvis tungvint og dårlig integrert i BIM. RiskBIM jobbet med noen av de identifiserte utfordringene og laget nye og mer brukervennlige konsepter og løsninger.

RiskBIM spørreundersøkelse

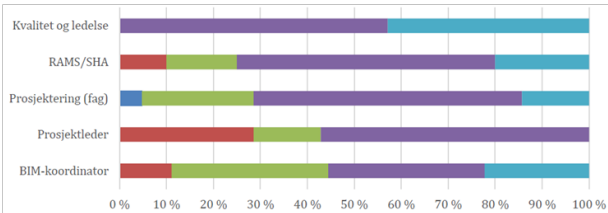
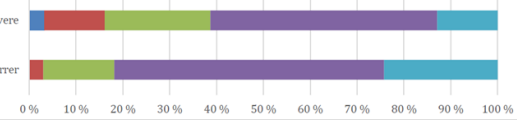
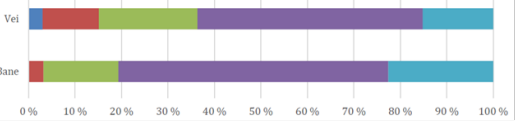
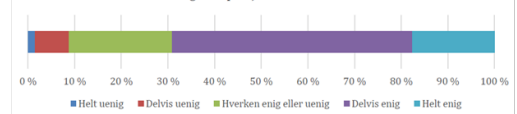
- Hvem har deltatt?



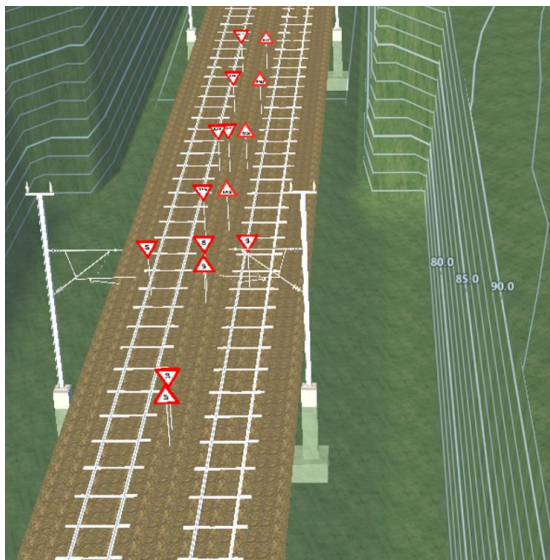
- Svar er analysert for ulike grupper



5. Jeg opplever at i vår organisasjon er risiko- og farearbeid godt integrert i prosjektenes aktiviteter



Figur 2.1 Resultater fra RiskBIM spørreundersøkelsen.



Fra skjæring med svært mange farer, tiltak, RAM-forhold og tiltak knyttet til RAM-forhold

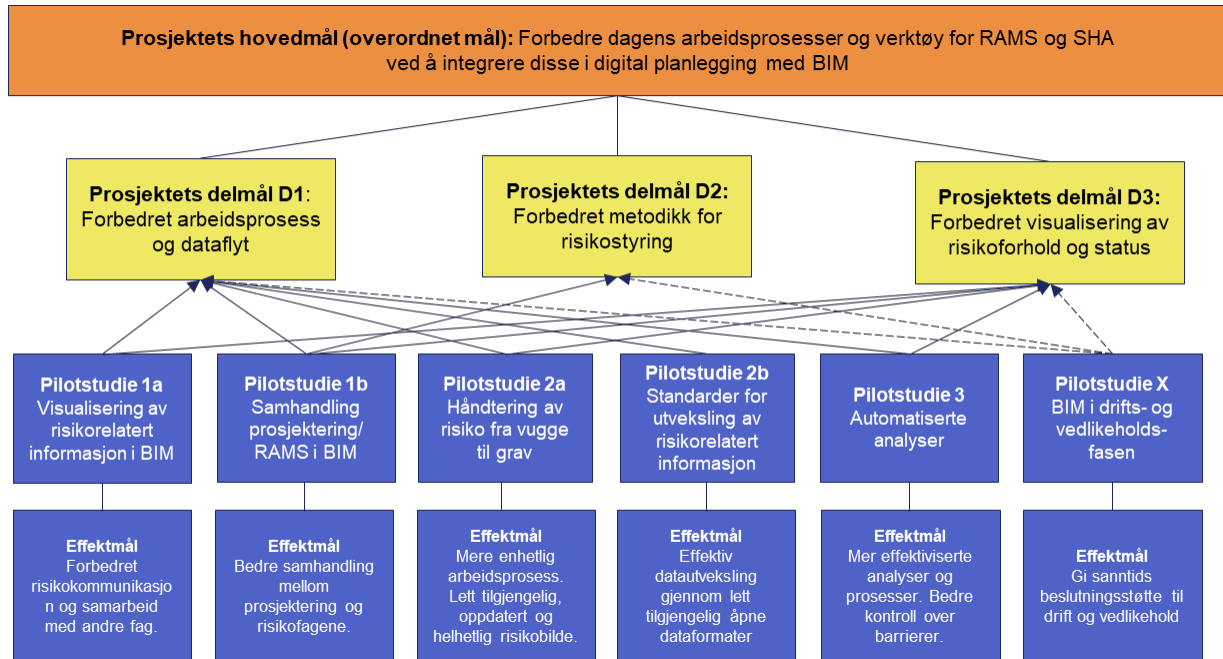
Tønsberg-Larvik

Figur 2.2 Illustrasjon av farer i BIM iht. Bane NORs BIM-standard gjeldende i begynnelsen av RiskBIM-prosjektet

3 Pilotstudier

Pilotstudiene er kort beskrevet i dette kapittelet. Mer informasjon om bakgrunn, omfang og resultater for pilotstudiene er gitt i Vedleggene 1 til 6.

Hver pilotstudie skal adressere én eller flere delmål i RiskBIM-prosjektet. Relasjonen til de ulike delmålene er illustrert i Figur 3.1.



Figur 3.1 Relasjon mellom prosjektets hovedmål, delmål og pilotstudiene.

Som tittel for pilotstudiene er det valgt et overordnet konsept, som er nærmere beskrevet i Tabell 3.1 og i det etterfølgende pilotstudiebeskrivelsene. I selve pilotstudien i RiskBIM-prosjektet er konseptet illustrert og realisert gjennom én eksempelløsning, men vanligvis kan konseptet realiseres gjennom mange forskjellige løsninger. Tabell 3.1 viser pilotstudienes mer spesifikke effektmål, samt koblingen til prosjektet overordnede delmål, som ovenfor illustrert i Figur 3.1.

Tabell 3.1 Pilotstudier, konsepter og mål.

Pilotstudie nr.	1a	1b	2a	2b	3	X
Pilotstudie tittel	Visualisering av risikorelatert informasjon i BIM	Samhandling prosjektering/-RAMS i BIM	Håndtering av risiko fra vugge til grav	Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon	Automatiserte analyser	BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen
Konsept	Visualisere risikorelatert informasjon (f.eks. farer og tiltak) i BIM-modellen, samt oppdatere denne informasjonen i BIM	Benytte et prosjekt-samhandlingsverktøy og koble dette til BIM	Integrere og visualisere risiko fra ulike fag i kart og modell gjennom livsløpet til et prosjekt.	Benytte åpne BIM-standarder for utveksling av risikorelatert informasjon	Koble risikomodeller til BIM for å effektivisere og automatisere bruken av risikomodellen	Utforske muligheter av BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen
Realisering i Risk-BIM pilotstudien	Webbasert BIM-løsning som er koblet sammen med en database for risikorelatert informasjon (fare- og RAM-logg) i Teams	Koble JIRA sammen med i RiskBIM utviklet pilot for visualisering (se 1a)	Standardisert måte å beskrive risiko, samt integrasjon og visualisering av risikoinformasjon i kart og modell i prosjekter for vei.	Teste egnetheten til BIM collaboration format (BCF) som grunnlag for lagring og utveksling av RAMS- og SHA-relatert informasjon	Tilpasse en BowTie-modell (BowTie XP) for barrierestyring basert på informasjon i BIM-modellen	Tilpassing av modeller for degradering av infrastruktur kombinert med inspeksjons og degraderings-strategier
Effekt mål	Forbedret risikokommunikasjon og samarbeid med andre fag. Bedre tilgjengelighet og synlighet av risikofaget (RAMS/SHA) i prosjektering/BIM	Bedre samhandling mellom prosjektering og risikofagene	Mere enhetlig arbeidsprosess for flere risikorelaterte fag gjennom et lett tilgjengelig, oppdatert og helhetlig bilde av risikoforhold i hele prosjektets livsløp.	Effektiv datautveksling gjennom lett tilgjengelig åpne dataformater	Mer effektiviserte analyser og prosesser, bedre kontroll over barrierer, samt bedre visualisering gjennom BowTie'en	Gi (sanntids) beslutningsstøtte mht. vedlikeholds- og beredskapsstrategier, samt vurdering mht. togframføring
Kobling mot delmål	D2, D3	D1, D2, D3	D1, D3	D1	D1, D3	D1, D2, D3

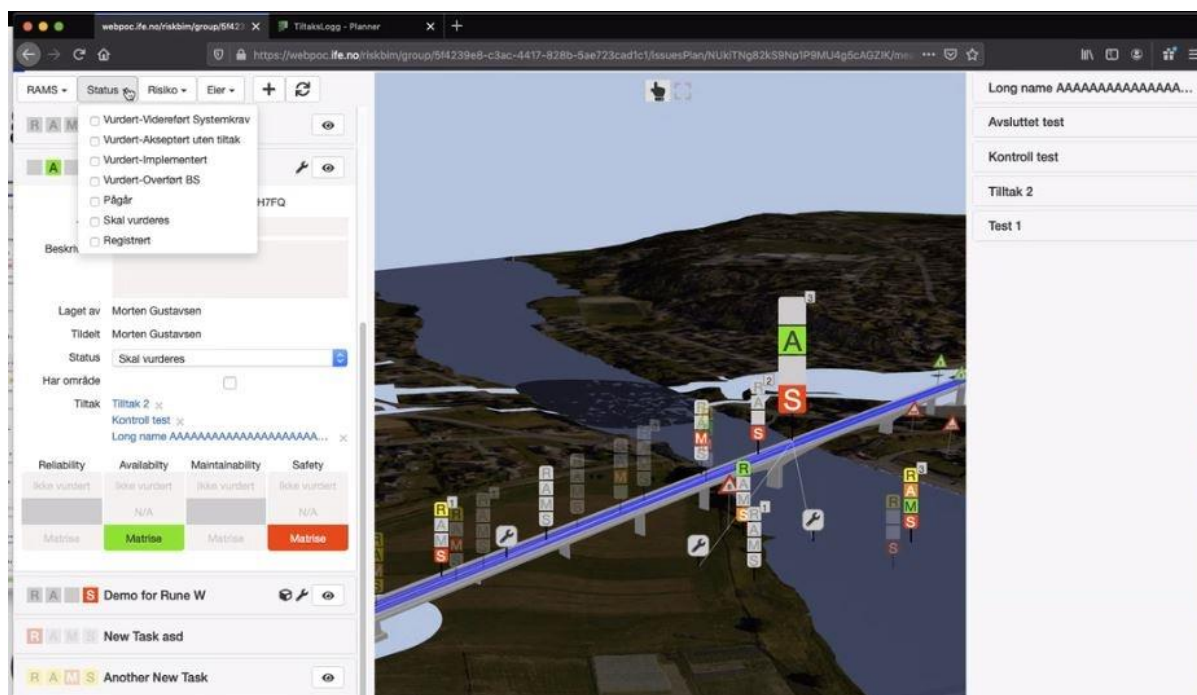
3.1 Pilotstudie 1a – Visualisering av risikorelatert informasjon i BIM

Denne pilotstudien består av en mulighets- og brukerstudie av en software-prototype som integrerer en RAMS-fare og tiltakslogg i et BIM miljø. Krav og design-mål for denne software prototypen er basert funn fra analyse-fasen, beskrevet i kapittel 2, samt studering av eksisterende løsning fra 2019.

Prototypen skiller seg fra tidligere løsning da den inkluderer og visualiserer både farer og tiltak i modell. Videre er det mulig å legge til og editere farer og tiltak i modell, og ikke kun i et Excel-ark. Prototype har lagt høyere vekt på visualisering av farer og risiko sammenlignet med tidligere løsning som har høy visuell prioritering av selve oppfølgingen og status på tiltak. I den nye løsningen er farer og tiltak lagret i ekstern programvare for å kunne skille oppfølging av saker/tiltak fra arbeid med risiko, og gir prosjektledere muligheten til følge opp status på farer og tiltak uten å måtte åpne et komplett BIM-miljø.

I pilotstudien ble det gjennomført en praktisk RAMS-case med 10 RAMS-eksperter fra Bane NOR og COWI og en etterfølgende brukervennlighetsmåling (System Usability Scale - SUS) som måler brukervennlighet i programvare med hensyn til effektivitet, produktivitet og generell brukervennlighet. Resultatet fra studien viser at programvaren scorer meget godt på alle tre aspekter.

Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 1.



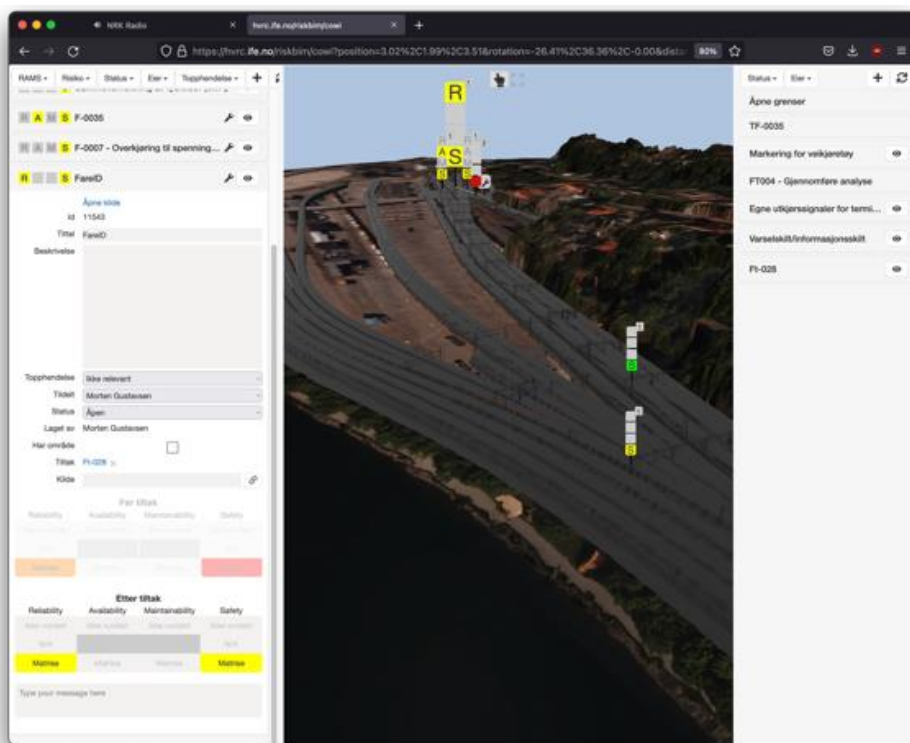
Figur 3.2 Skjerm bilde fra pilotstudie 1a

3.2 Pilotstudie 1b – Samhandling prosjektering/RAMS i BIM

Denne pilotstudien er en videreføring av pilotstudie 1a, men med noen forskjeller i funksjonalitet og oppsett. Prototypen har nå en mere samstemt risikoevalueringssprosess som støtter dagens praksis i RAMS og SHA ved at det er nødvendig å risikovurdere en fare både før og etter tiltak er tilordnet en fare. Videre er prototypen nå koblet til COWI sitt skarpe web-baserte prosjektmiljø i JIRA, istedenfor til MS Teams. Dette ble gjort for å kunne lage en studie hvor prosjektledelse, fagpersoner og byggherre (Bane NOR) samhandler. Videre var det ønskelig å koble prototypen til et skarpt prosjekt for å muliggjøre en studie i pågående industrielt prosjekt og gjennomføre en så realistisk case som mulig.

I testen som ble utført opplevde COWI at potensialet i løsningen er stort. Muligheten for å koble en farelogg mot en prosjektplattform åpner mange muligheter for effektivisering og dokumentasjon. Det skaper også en mye tettere samarbeid mellom RAMS-rådgiver, fagpersoner og byggherre, slik at RAMS blir mer integrert i prosjekteringen. Koblingen mellom RiskBIM og JIRA åpner også en mulighet for å visualisere fareloggen som et dashboard slik at prosjektledere til enhver tid har den nyeste informasjonen på risikonivå, og har god oversikt over antall åpne og lukkede farer. I testen ble det ikke sett på noe mer enn dette, men det er åpenbart en enda større mulighet rundt dashboard-løsningen som kan vurderes videre.

I pilotstudien ble Bane NORs prosjekt Nygårdstangen-Bergen-Fløen (NBF) brukt som case. NBF omfatter innføring av dobbeltspor inn til Bergen stasjon, oppgradering av nødvendige jernbanetekniske anlegg, oppgradering av godsterminalen og innføring av nytt signalsystem. Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 2.



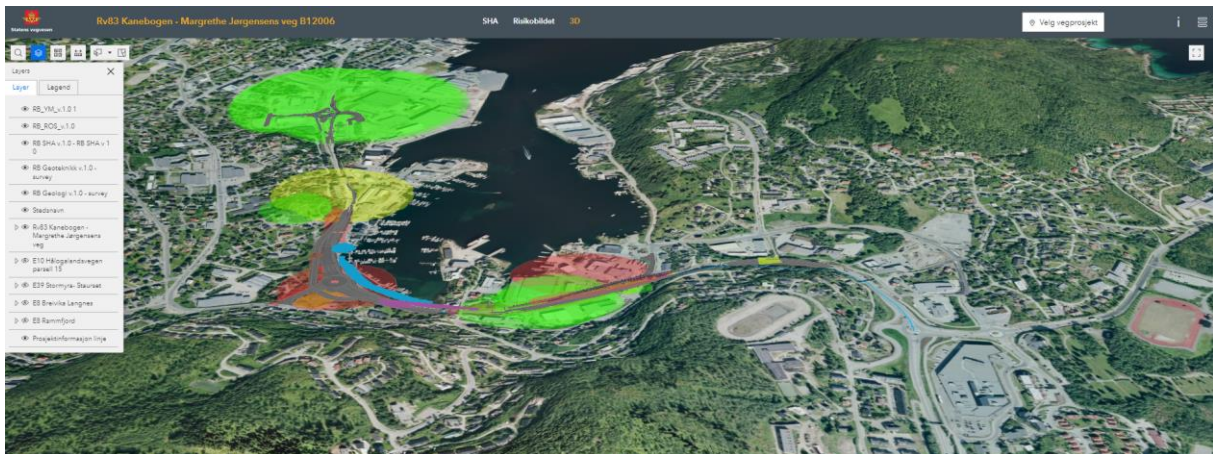
Figur 3.3 Skjerm bilde fra pilotstudie 1B med BIM fra Nygårdstangen-Bergen-Fløen prosjektet

3.3 Pilotstudie 2a – Håndtering av farer og risiko fra vugge til grav

Statens vegvesen har i dette pilotstudie utarbeidet en prototyp som kan fungere som et risikoregister for ulike faser og fag i et vegprosjekt. Valget falt på å lage et verktøy som kan brukes fra ganske tidligfase av et vegprosjekt når det ennå mangler en 3D-modell, og samle risiko gjennom hele vegens livsløp. Dette for å kunne synliggjøre hvilke hendelser som har vært vurdert forbundet med en viss risiko, og som man gjennom prosjektarbeidet har forsøkt å redusere risikoen av.

Målet med denne piloten er å få et sømløst og sammenhengende risikobilde på tvers av fagområder og faser, samtidig vil det gi en bedre risikostyring og et bedre beslutningsgrunnlag. En stor del av utarbeidingen av risikoregisteret er brukt for å standardisere data i hver av fagene, og se på hvordan data kan flytte mellom ulike faser og ulike prosjekteringsverktøy og plattformer.

Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 3.



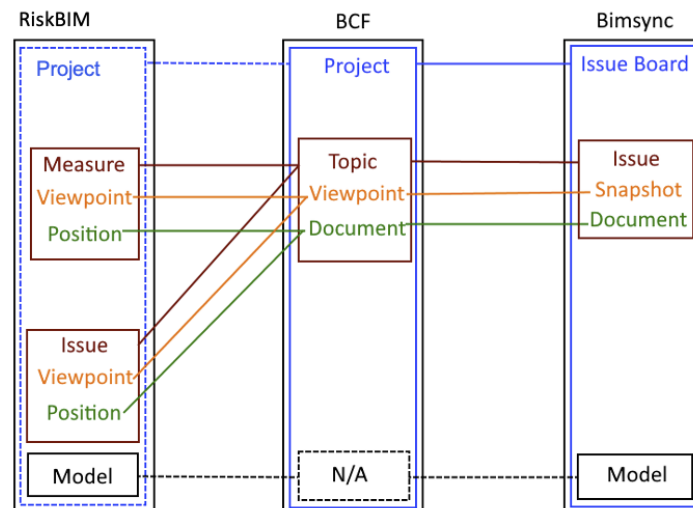
Figur 3.4 Pilotstudie 2a - Visualisering av farer og risiko i kart og modell

3.4 Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon

Pilotstudiet kan sees på som en “proof-of-concept” for å benytte BIM Collaboration Format (BCF) som grunnlag for lagring av fareregister og oppfølging av saker. BCF er i dag allerede svært utbredt, og virker å være et lovende format (teknisk «enabler») for å forbedre datautveksling og integrering mellom ulike systemer og fag. Studiet har undersøkt muligheter/begrensinger for BCF som lagringsformat for ulike risikoanalyser, med hovedfokus på RAMS og SHA. Studiet har blitt gjennomført ved å se på praktiske løsninger som kan fungere i typiske BIM og GIS-verktøy.

I hovedtrekk viser studiet at standarden og leverandørene tolkes for ulikt til å kunne bruke BCF som informasjonsbærer av risikodata på generelt grunnlag. For å ha kontroll og dermed utvide formatet til å lagre spesifikk risikoinformasjon, kreves det tilpasninger som kun er mulig å gjøre ved hjelp av programmering og et BCF-API. BCF kan derfor ikke anbefales å ta i bruk på generelt grunnlag som et utvidet format for å utveksle risikorelatert informasjon.

Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 4.



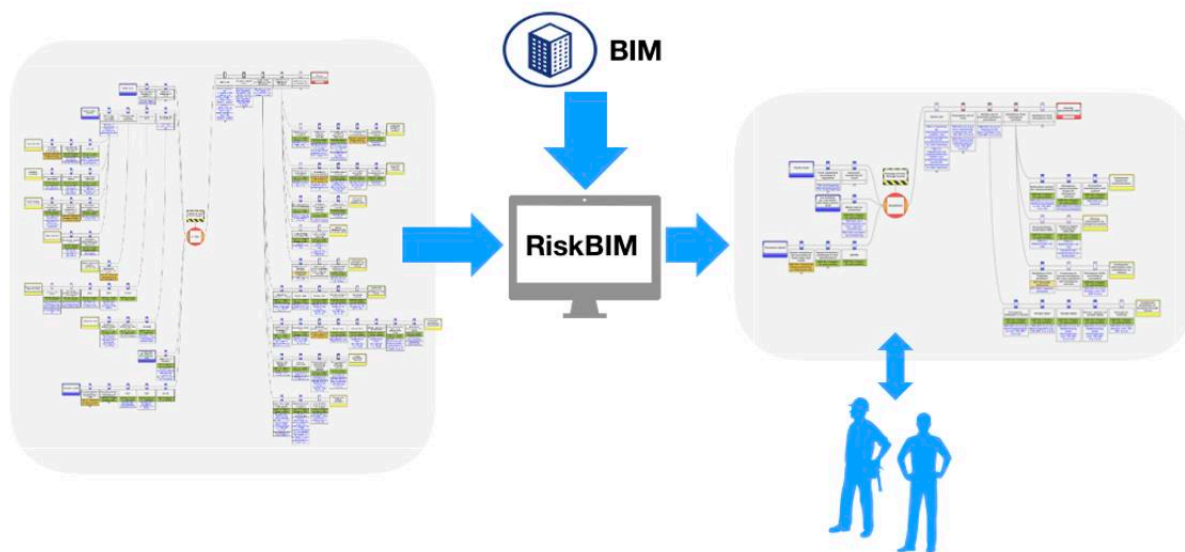
Figur 3.5 Illustrasjon som viser hvordan en tilordning av en farelogg kan gjøres i BCF

3.5 Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser

Dette arbeidet beskriver en mulighetsstudie og softwarekonsept som muliggjør semi-automatisk genererte BowTie-diagrammer. Konseptet tar sikte på å redusere behovet for kunnskapsinnhenting og mengden arbeid som kreves for å lage BowTie-diagrammer ved å få tilgang til nødvendig informasjon underveis fra digitale bygningsinformasjonsmodeller. Pilotstudien er tett koblet opp mot Bane NORs tidligere arbeid med BowTie, hvor det er laget en stor generisk BowTie-modell som kombinerer kunnskap rundt farer knyttet til togdrift i jernbanetunneler.

Prosjektet har undersøkt muligheter og gjennomførbarhet ved å implementere programvare som kan tilpasse og justere den generiske BowTie-modellen til å ta hensyn til særtrekk ved spesifikke tunneler for deretter å benytte denne som grunnlag for videre analyse. Den generelle gjennomførbarheten til konseptet er validert ved hjelp av BowTieXP-programvaren. Men et av hovedfunnene i pilotstudien, er at det først må etableres en prosess som sikrer at de nødvendige egenskaper er lagret i BIM før en implementering av konseptet starter. Dette for å sikre at målene om automatisering og effektivisering oppfylles.

Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 5.



Figur 3.6 Konseptuell skisse Pilotstudie 3

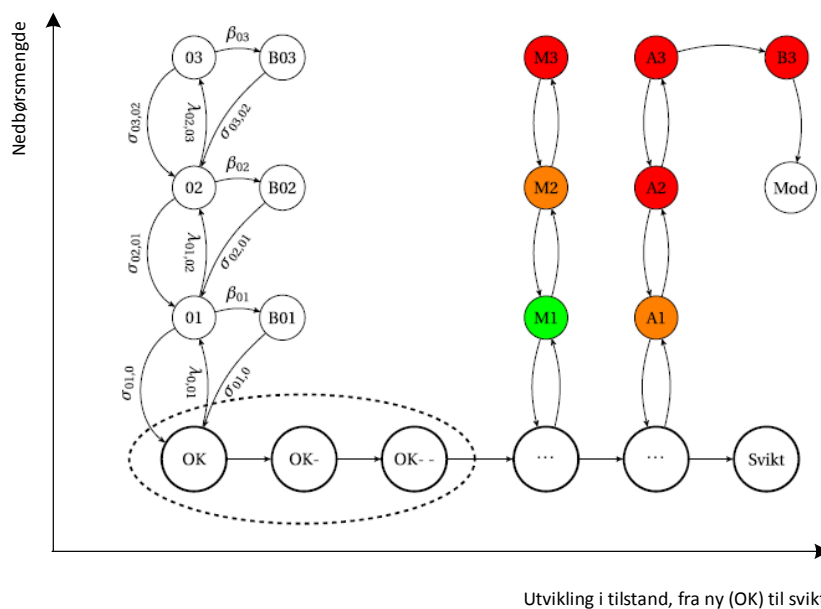
3.6 Pilotstudie X – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen

Arbeidet utført i pilotstudien er i hovedsak studentarbeid utført av MSc og PhD studenter. Arbeidene består i å utvikle matematiske modeller for tilstandsutvikling med hensyn til beslutningsstøtte for vedlikehold og beredskap i driftsfasen. Selv om hovedfokus ikke har vært direkte på BIM viser arbeidene hvordan digitale modeller kan utvikles. I sluttrapporten for pilotstudien [7] brukes studentarbeidene som eksempler på hvordan modeller kan inngå som en del av fremtidige digitale sanntidsmodeller. Her diskuteres også hvordan BIM-konseptet står i relasjon til begrepet digital tvilling.

Det Norske Veritas har publisert anbefalinger for kvalitetssikring av digitale tvillinger (DNV-RP-A204 Qualification and assurance of digital twins - recommended practice) hvor modenhetsnivå av digitale tvillinger innføres. I sluttrapporten diskuteres arbeidene med hensyn på hva som skal til for å oppnå et modenhetsnivå for digitale verktøy som kan gi sanntids *prediktiv* beslutningsstøtte. Eksempelstudiene for vei tar utgangspunkt i vedlikehold av bruer for vei, mens eksempelstudiene for jernbane tar utgangspunkt i dreneringssystemer og beredskap ved store nedbørsmengder.

Figur 3.7 viser en modell som kombinerer tilstandsutvikling med vær-situasjonen. Eksemplet er hentet fra ett av studentarbeidene hvor målet var å utvikle modeller som på sikt kan bli en *sanntids* beslutningsstøttemodell, ev. i kombinasjon med BIM eller BIM som datakilde.

Pilotstudien er nærmere beskrevet i Vedlegg 6.



Figur 3.7 Fremtidig digital sanntidsmodell som kombinerer tilstand og nedbør

4 Konklusjoner og anbefalinger

I dette kapittelet presenteres konklusjoner fra prosjektet og de ulike aktivitetene/pilotstudiene. Det gis anbefalinger for å ta i bruk prosjektresultater og for videre arbeid.

4.1 Konklusjoner

Konklusjoner er basert på de ulike pilotstudiene som er gjennomført i RiskBIM prosjektet, som beskrevet i kapittel 3. RiskBIM-prosjektet har vist mulighetsrommet gjennom disse pilotstudiene. Det er ikke utviklet et ferdig verktøy eller kommersielle løsninger i prosjektet, men hver pilotstudie omfattet ett eller flere konsepter som skulle testes eller demonstreres i pilotstudien.

For å gripe mulighetene, har prosjektet demonstrert at det kan benyttes ulike løsninger som er tilpasset brukernes behov og rammer. For å finne en brukertilpasset integrasjon av risikofagene i BIM, må det bl.a. tas hensyn til systemer/verktøy som er allerede i bruk i dag. Det må avklares om dagens løsninger vil bli en del av den framtidige løsningen som integrerer risikofagene i BIM. Det betyr at en endelig/framtidig løsning vil bestå av en integrasjon av og et samspill mellom ulike systemer/verktøy og dataflyt mellom disse. Prosjektet har demonstrert at en slik «RiskBIM løsning» kan lages på ulike måter.

Pilotstudie 1a og 1b – Visualisering og samhandling i BIM

Sammenlignet med utgangspunktet i prosjektet (2019, se kapittel 2), hvor BIM i hovedsak ble brukt som grunnlag for diskusjoner og analyser og hvor det var utfordringer med visualisering i BIM, har prosjektet samlet erfaringer og demonstrert ulike fordeler med å integrere risikofagene i BIM. Dette er bl.a.:

- Ved å integrere risikofagene i BIM, blir disse mer synlige for andre i prosjektet, f.eks. for prosjektleder. Dette gir et bedre risikobilde, inkl. hva som kan skje, og hvor dette kan skje. Prosjektet har demonstrert at man kan visualisere ulike «risikoaspekter» i BIM, som f.eks. type risiko (f.eks. S/RAM), risikonivå (høy/lav), tilknyttete tiltak, status på risikohåndtering og tiltaksimplementering.
- Det er vist i prosjektet at risiko og tilhørende tiltak plasseres i modellen og kan knyttes til en posisjon, noe som øker presisjonen i beskrivelsen av risikobildet uten at omstendelige lokasjonsbeskrivelser er nødvendig og som kan misforstås. Det er likevel utfordringer knyttet til visualisering av farer og tiltak som gjelder et større område (f.eks. et areal eller langs en bane/veistrekning).
- Hovedstyrken av testet løsning ligger i visualiseringen av risikoforholdet i BIM, men selve saksbehandlingen av f.eks. tilknyttete risikoreducerende tiltak (om tiltak skal implementeres eller ikke) kan skje utenfor BIM-visningen og i for dette formål tilpassede verktøy. Risikorelaterte data (dvs. dataene knyttet til fagene RAMS og SHA) kan også lagre og håndteres utenfor BIM.
- For benyttete prototyper var det enkelt og effektivt å legge inn farer/RAM-forhold og visualisere disse, dette bl.a. gjennom enkle «drag and drop» funksjoner for å plassere farer og tiltak i modellen og knytte disse sammen. Dette gir et brukervennlig og brukersentrert design.
- Resultater fra pilotstudiene viser at risikostyringsprosesser forenkles og effektiviseres. Brukere som deltok i pilotstudier oppfattet testete løsninger

som enkelt å bruke. Løsninger bidrar til enklere kommunikasjon med beslutningstaker (f.eks. rådgiver/prosjekterende og byggherre) for å komme til en beslutning om tiltak skal implementeres eller ikke. Løsninger bidrar til god flyt og god involvering av ulike fagpersoner, samt at de kan gi støtte til å følge opp lover, forskrifter og regler. Gjennom dette gir løsningen også mer eierskap til prosessen.

- For visualiseringsformål er det i RiskBIM-prosjektet benyttet en visningsmodell som er på en annen plattform enn det som prosjekterende bruker daglig. Dette er i tråd med retningen industrien beveger seg, hvor det er formatet (IFC) som muliggjør samhandling, og ikke plattformen eller verktøyet. utfordringer med interoperabilitet i denne løsningen ble derfor ikke nærmere belyst i prosjektet.

Pilotstudie 2a – Håndtering av risiko fra vugge til grav

RiskBIM prosjektet har avdekket at det er flere siloer internt i SVV som medfører brudd i dataflyt/kunnskapsoverføring i kritiske faser i prosjekter for vei (fag, fase og personalskifte). Dette medfører at risikorelatert arbeid i SVV er unødvendig fragmentert, og plasserer derfor ansvar på ulike fagmiljøer og planfaser. Videre mangler det også kommunikasjonsarenaer hvor man enkelt overfører og deler informasjon om risiko som er relevant for andre personer eller fag.

RiskBIM-prosjektet har vist at dette kan forhindres gjennom et digitalt verktøy som forenkler oversikten over risiko i prosjekter i hele prosjektets levetid, samt bidra til å kunne jobbe mer omforent med risiko i alle faser. Verktøyet vil forenkle dokumentasjon av beslutninger og endringer i løsninger i tidligere fase, og medføre at Vegtilsynets dokumentasjonskrav lettere imøtekommes.

Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon

Bruken av BIM Collaboration Format (BCF) har potensiale for å forenkle samhandling av sikkerhetsfaget med andre fag gjennom bruk av en standard for interoperabilitet. BCF har et teknisk potensial til å muliggjøre deling og visualisering av relevant informasjon fra risikofaget mot andre fag i BIM.

Pilotstudien har avdekket at det er begrenset støtte for interoperabilitet for BCF gjennom utveksling av filer. De store programvareleverandørene håndterer et utvidet format forskjellig, samt at det er begrenset støtte for ulike versjoner av formatet. Videre har det kommet et tillegg i BCF 3.0 versjonen som eksplisitt sier at utvidelser i formatet ikke skal tas hensyn til. For å muliggjøre utveksling av spesifikke risikodata vha. BCF har pilotstudien testet bruk av et BCF API. Studiet viser at det er mulig å utvide formatet med spesifikke risikodata ved å legge risikodata som vedlegg til formatet. Vedleggene må da både legges til og tolkes gjennom egne rutiner eller script og krever dermed programmeringskunnskap.

Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser

Automatiserte analyser koblet til BIM er et spennende konsept, men det krever mange tilpasninger på BIM og risikomodellen. Der hvor risikomodellen krever informasjon fra BIM-modellen, kreves at informasjonen er inkludert i BIM. Dette krever en prosess for å sikre at etterspurt informasjon er tilgjengelig i BIM.

Pilotstudie 4 – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen

Prosjektet hadde ikke hovedfokus på drift og vedlikehold i BIM, likevel belyste flere prosjektaktiviteter dette temaet, fordi betydningen og bruken av BIM i driftsfasen forventes å øke i tiden fremover. Digital representasjoner av infrastrukturen (vei/bane) er nødvendig for sanntids beslutningsstøtte i driftsfasen.

BIM/informasjonsmodeller, sammen med andre systemer og informasjonskilder (f.eks. vedlikeholdssystemer) vil danne grunnlag for såkalte *digitale tvillinger* som skal gi beslutningsstøtte i sanntid. Det er behov for avklaringer om hvilke systemer som skal brukes for hvilke formål, f.eks. om terrenget langs en vei eller en jernbane modelleres i BIM eller GIS. I RiskBIM-prosjektet er det identifisert ulike utfordringer med BIM-modeller, som å representere «tid» i modellen. I drift- og vedlikeholdsfasen er det f.eks. av stor interesse å modellere infrastrukturens endring over tid for å kunne representere/modellere mekanismer og prosesser som aldring/slitasje/nedbryting, økende risiko og økt vedlikeholdsbehov, påvirkning av vedlikehold på infrastrukturens tilstand, m.fl. Kombinasjonen dårlig tilstand og ekstreme vær-situasjoner medfører ofte svært stor risiko, og det er derfor viktig at den digitale representasjonen kan vise et kombinert sanntidsbilde og fremskrive utviklingen slik at gode beslutninger både mht. beredskap og forbedringstiltak kan fattes.

4.2 Anbefalinger for implementering og videre arbeid

Det er behov for videre uttesting og utvikling for å modne løsninger fra prosjektets pilotstudier og integrere disse i et miljø bestående av ulike andre eksisterende systemer og verktøy. Dette vil kreve kompetanse på digitale verktøy for å kunne utvikle risikofaget og arbeidsprosesser. Utdanning i risikofagene bør inkludere eller tilby i større grad digital kompetanse, som en del av utdanningen, eller som etter- og videreutdanning.

Pilotstudie 1a og 1b – Visualisering og samhandling i BIM

For å komme i gang, vil løsningene som er testet i RiskBIM-prosjektet være best anvendelig på små/avgrensede anvendelser. Erfaringen fra disse casene vil gjøre det enklere å overføre løsninger til større anvendelser. Størst potensiale antas å ha løsningen for håndtering av saker i tidlige prosjektfaser hvor visualiseringen og kommunikasjonsmuligheter mellom prosjekterende og byggherre gir muligheter for god og effektiv samhandling.

Det er behov for veldefinerte objekter i BIM (skilt, bro, sporveksel, signal, ...) for å koble risikorelatert informasjon (farer, tiltak, etc.) ikke bare til koordinater i modellen, men til objektene. Dette gjelder risikoinformasjon som er relatert til bestemte objekter slik at risikorelatert informasjon flyttes sammen med objektene, hvis objektene flyttes.

For brukere er det viktig med en enkel (lavterskel) tilgang til BIM, dvs. en visningsmodell som f.eks. nettleserløsningen benyttet i RiskBIM-prosjektet. Alternativt kan visningen integreres i andre verktøy, som f.eks. et prosjektstyringsverktøy som er i daglig bruk i prosjekter. Dette gir enkel tilgang til visualisering i BIM slik at risikofagene (RAMS/SHA) kan se sine «saker» i BIM.

Pilotstudie 2a – Håndtering av risiko fra vugge til grav

RiskBIM prosjektet har avdekket at arbeidet med risiko er fragmentert, og ansvaret er plassert på ulike fagmiljøer og planfaser, og at det er et potensiale for å få et mere enhetlig arbeide med risiko gjennom prototypen som er utviklet i RiskBIM prosjektet. For å videreføre de positive effektene av RiskBIM-prosjektet anbefales det å sette ned en arbeidsgruppe som kan ivareta support, samt gjøre nødvendige fremtidige tilpasninger av programvaren.

Prosjektet har også avdekket positive effekter ved å ta i bruk et dashboard. Dashboardet gir planleggingsleder og prosjektleder en enkel oversikt over risikobildet i sitt prosjekt. Dette kan bidra til at man har en mer omforent forståelse av momenter som har påvirkning på risiko, men også en tydeligere synliggjøring av hvor det er behov for mer informasjon. Kostnader knyttet til tiltak kan også enklere vurderes.

Etter at RiskBIM-prosjektet er avsluttet, anbefales det å opprette i Statens vegvesen et internt utviklingsprosjekt (Virksomhet utviklingsprosjekt, VU) for å gjøre nødvendige forbedringer. Dette vil medføre at Statens vegvesen få et levende verktøy som flere i Statens vegvesen kan få nytte av, samt bidra til en mer omforent og etablert måte å jobbe med risiko i prosjekt på.

Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon

Pilotstudien viser at det er behov for en felles teknisk standard for å muliggjøre utveksling av risikorelatert informasjon mellom BIM og GIS verktøy. BIM Collaboration Format (BCF) standarden er i dag en mye brukt standard for å utveksle og følge opp saker i BIM, men implementasjonen og tolkningen av standarden er for ulik mellom verktøy og leverandører til at den kan utvides som et generelt format for å utveksle risikodata.

For å kunne ha kontroll på risikodata og utvide formatet kreves det tilpasninger av formatet som kun er mulig å gjøre via av programmering og et BCF-API. BCF kan derfor ikke anbefales å ta i bruk på generelt grunnlag som et utvidet format for å utveksle risikorelatert informasjon. Prosjektet anbefaler å følge med på utviklingen av IFC-Rail standarden som er en utvidelse av IFC for å håndtere krav fra jernbane. Standarden jobber bla. med å inkludere RAMS som en egen del av IFC-standard.

Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser

For å kunne ta i bruk automatiserte analyser, som f.eks. gjennom BowTie-modeller knyttet til IBM, må BIM-modeller utformes på en bestemt måte og inneholde nødvendige data. Det er derfor behov for kravspesifikasjoner for BIM for at behovene for risikomodelleringen tilfredsstilles. Det er imidlertid ikke behov for å integrere all informasjon i BIM, for en del av databehovet kan ofte dekkes gjennom andre verktøy og databaser (f.eks. vedlikeholdssystem som inneholder informasjon om objekter og objektenes egenskaper), avhengig av i hvilken fase et vei-/baneprosjekt er.

Pilotstudie 4 – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen

For å kunne ta nytte av BIM og andre digitale representasjoner av infrastrukturen er det viktig at Statens vegvesen og Bane NOR avklarer den overordnede datastrukturen slik at man kun har grunnlagsdata lagret ett sted. Dette gjelder særlig koblingen mellom BIM, GIS-modeller og systemer for vedlikeholdsstyring (CMMS). For å kunne utvikle sanntidsmodeller som kan fremskrive et risikobilde må

datamodellene kobles til risikomodeller. Farelogger sammen med BowTie-modeller og andre risikomodeller fra byggefasen må kombineres med hendelsesrapporter i driftsfasen og kan da danne et grunnlag for å utvikle dynamiske risikomodeller som så kan kobles til digitale tilstandsmodeller. Oppsummeringsrapporten peker på elementer som må på plass for å kunne fremstille et oppdatert risikobilde hvor man også ønsker å kunne fremskrive risikobildet både med og uten tiltak i drifts- og vedlikeholdsfasen.

Referanser

- [1] S. Hansen, *Analyse av spørreundersøkelse i RiskBIM-prosjektet*, RiskBIM prosjektrapport, Multiconsult, desember 2019.
- [2] <https://pleiades-platform.eu/>
- [3] S. Sarshar, A.A. Hauge, R. Winther, "Towards Risk Informed BIM Models in Major Norwegian Transport Projects", i: M. Beer, E. Zio, *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference*, ESREL, 2019.
- [4] A.A. Hauge, M. Gustavsen, S. Sarshar, R. Winther, S.N. Hansen, "Risk Informed BIM Models – A Data Gathering with End Users", i: P. Baraldi, F. Di Maio, E. Zio, *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*, ESREL/PSAM, 2020.
- [5] G. Lillehammer, M. Gustavsen, G. van Loopik, "Semi-automated generated bowtie diagrams for optimizing safety analysis in the railway infrastructure", i: M.C. Leva, E. Patelli, L. Podofillini, S. Wilson, *Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference*, ESREL, 2022.
- [6] M. Gustavsen, L. Stephane, O.J. Ottestad, R. Ganz, "Situating risk integration with 3D-BIM: design and user evaluation insights", i: M.C. Leva, E. Patelli, L. Podofillini, S. Wilson, *Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference*, ESREL, 2022.
- [7] J. Vatn, "BIM and Digital Twins – Application in maintenance and operation", RiskBIM rapport med oppsummering av resultater fra Pilotstudie X, 2022.
- [8] DNV-RP-A204, "Qualification and Assurance of Digital Twins – Recommended Practice", DNV, Høvik, 2021.

Pilotstudie 1a – Visualisering av risikorelatert informasjon i BIM

Denne pilotstudien ble utarbeidet ved hjelp av en brukersentrert designprosess som involverte analyse, spørreundersøkelse, observasjoner og intervjuer med RAMS-rådgivere om hvordan de jobbet med BIM og RAMS. Tidlig i designprosessen ble det kartlagt styrker og svakheter med eksisterende løsning for visualisering av risikorelatert informasjon i jernbane-BIM. Studien viser at den eksisterende løsningen involverte en tidkrevende og teknisk vanskelig prosess for å få innlemmet farelogg med BIM, noe som resulterte i at løsningen ofte kun ble tatt i bruk i store prosjekter. Videre var det ikke mulig å legge til eller redigere farer ved å bruke BIM-modeller, dette medførte at endringer og oppdateringer i RAMS-logg måtte re-importeres i modellen for å få et helhetlig og oppdatert risikobilde. Videre viste også analysen at det er utfordringer med selve visualiseringen av farer. Den eksisterende løsningen visualiserte ofte mange farer på et lite geografisk område noe som resulterte i at brukeren noen ganger slår av visualiseringen av risikolaget.

I den eksisterende løsninger ligger det også et potensiale i forbedring av bruk av symboler. Symbolene er informasjonsfattige og bruken av brukergrensesnittmetaforer (trafikkskilt) er ikke enhetlig med kunnskap som brukere har fra trafikken. Et eksempel på dette, er at man velger å snu trafikkskiltet opp-ned når en sak er lukket. Symbolene representerer også kun en verdi, og er dermed fattige på informasjon i forhold til det relative området det opptar på skjerm. Det er f.eks. ikke mulig å se sammenhenger mellom farer og tiltak, og videre skilles det også mellom RAM og farer noe som bidrar til en «skog av farer» for komplekse farer. Bruken av løsningen fokuserer i stor grad på oppfølging av farer og tiltak, og visualiserer heller ikke sannsynlighet og konsekvens i kontekst av faren. Dette gjør det utfordrende å ha en god situasjonsforståelse og dermed et helhetlig risikobilde for brukeren.

Analysen identifiserte også en rekke styrker relatert til eksisterende løsning. Visning av farer i BIM bidrar til rask identifisering av den nøyaktige plasseringen for hver fare og tilrettelegger for diskusjon om mulige løsninger, både mellom RAMS-rådgivere, men også mellom ulike fag i samspill med RAMS-faget.

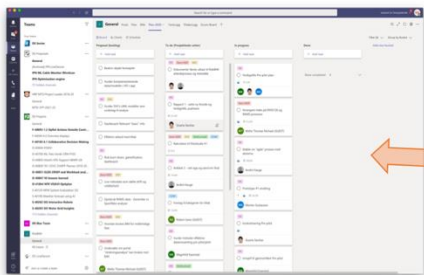
Basert på analyse-delen i prosjektet, ble det bestemt at det skal utvikles en softwarepilot for å teste nye konsepter og løsninger for å koble RAMS og BIM sammen. Følgende design-mål ble utarbeidet og la grunnlaget for software-piloten:

- Risikoer og tiltak bør kobles sammen og visualiseres direkte i et BIM-miljø som muliggjør en kontekst/lokasjonsbasert risikobevissthet.
- Komplekse sammenhenger mellom tiltak og farer skal presenteres direkte i BIM på en lettfattelig måte.
- Risikoinformasjon og data bør lagres i et eksternt programvaresystem som muliggjør deling, opprettelse og oppfølging av tiltak uten å bruke et fullstendig BIM-miljø.
- Det bør være en lav terskel for å lansere hele BIM-miljøet og bruk av verktøyet bør være mulig uten å involvere teknisk personell.

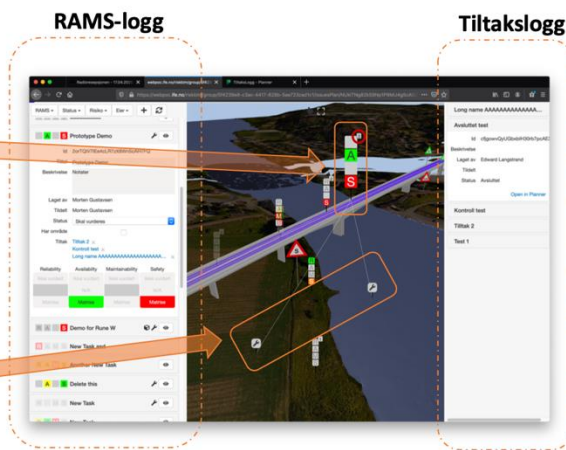
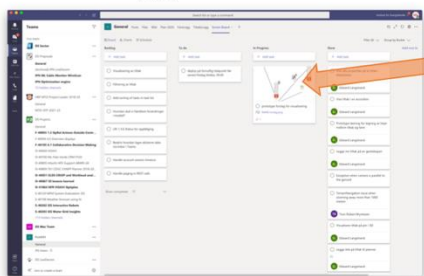
- Programvaren bør prioritere åpne standarder eller filformater for å støtte uavhengighet av leverandører, interoperabilitet og langsiktig data-/kunnskapsbevaring.

Den nye løsningen ble utviklet i RiskBIM-prosjektet som et web-basert BIM-system som koblet seg til MS Teams som samhandlingsløsning. Dette understøtter både målet om lav terskel for bruk, samt at man muliggjør oppfølging av tiltak i eksternt system.

RAMS-Logg



Tiltakslogg



- Visualisering og oppfølging av RAMS- og Tiltakslogg blir gjort i samme modell
- Teams tavler er direkte tilgjengelig via linker

3

Figur V1.1 Sammenstilling og integrasjon av RAMS-logg og tiltakslogg med BIM-modell

Videre ble det laget et nytt rammeverk som sammenstiller RAMS med tiltak. Den nye visualiseringen kombinerer og viser sammenhengen mellom farer og tiltak, videre tilbys en visuell fremstilling av resultatet av risikovurderingen for å kunne understøtte risikoforståelsen og gi et mere helhetlig risikobilde.



- Tall viser **antall tiltak** som er knyttet til denne faren
- **Farge viser til risikonivå** – konsistent med risikomatrise
- **Ingen bokstav betyr N/A** (Not Applikable, ikke aktuell)



Ved å holde muspekeren over faren i modellen, vil det "poppe opp" et vindu som viser **grad av risiko**, samt **status** på faren

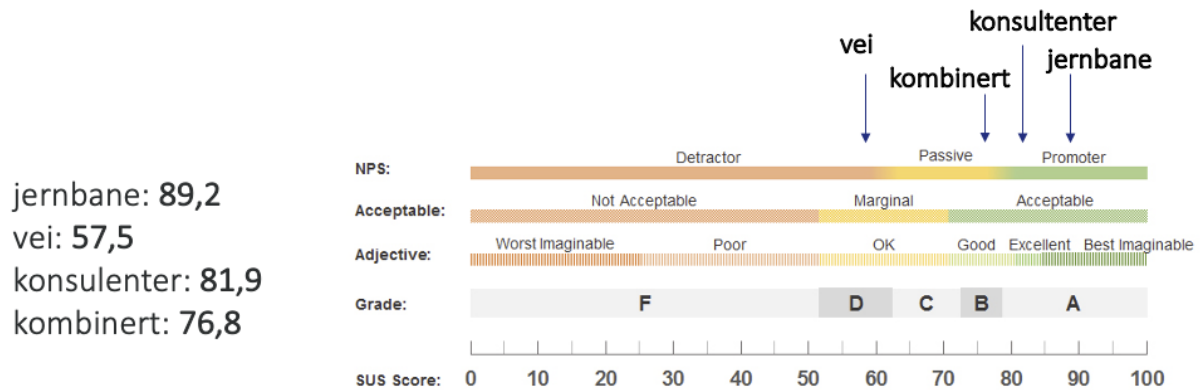


Transparente skilt er «**lukket**» saker

Figur V1.2 Eksempel som viser visualisering av farer og tiltak

For en mer utfyllende informasjon om visualisering og funksjonalitet i pilotstudien se dokumentet «pre-pilot RiskBIM funksjonalitet» på prosjektets teams side. Hovedmålet med den første studien var for å avdekke eventuelle svakheter og forberede til en større test som var planlagt senere i prosjektet, det ble derfor besluttet at det skulle

gjennomføres en pilotstudie som inkluderte en System Usability Scale test. SUS er ikke diagnostisk og forteller ikke hvilke spesifikke problemer et system har, men gir rødt eller grønt lys for å vite hvor godt eller dårlig brukervennligheten og funksjonaliteten i et system er. Pilotstudien inkluderte 10 profesjonelle RAMS-rådgivere og andre eksperter som har risiko som fag fra både vei og bane. Det ble gjennomført et scenario som inkluderte praktisk RAMS-arbeid fra bane som use-case.



Figur V1.3 Resultater fra brukertesten (System Usability Scale test - SUS)

Resultatet fra SUS og brukerundersøkelse viser at den utviklede løsningen har meget god brukervennlighet, og støtter opp under RAMS arbeidsprosessen på en meget god måte. Programvaren presterer meget høyt for jernbane (89,2) og konsulenter (81,9) da en score på over 68 regnes som en akseptabel score. For vei presterer løsningen derimot ikke like godt (57,5). Dette kan forklares med at ekspertene ikke hadde detaljert kjennskap til RAMS, og var med for å teste løsningen på et konseptuelt nivå. Resultatet fra testene viser at programvaren ikke har fundamentale feil eller mangler for å kunne gjennomføre en større test.

Tilknyttete resultater og dokumentasjon Pilotstudie 1a:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Publikasjon (ESREL)	Risk Informed BIM Models – A Data Gathering with End Users [4]	1a-1
Intern Rapport, Dokument som oppsummerer brukerkrav. Brukt som diskusjonsgrunnlag for å fremme idéer og krav til software pilot	URD, User Requirement Document	1a-2
Notat som visuelt beskriver funksjonalitet i software brukt til studie	Prepilot RiskBIM - funksjonalitet	1a-3

Vedlegg**2****Pilotstudie 1b – Samhandling prosjektering/RAMS i BIM**

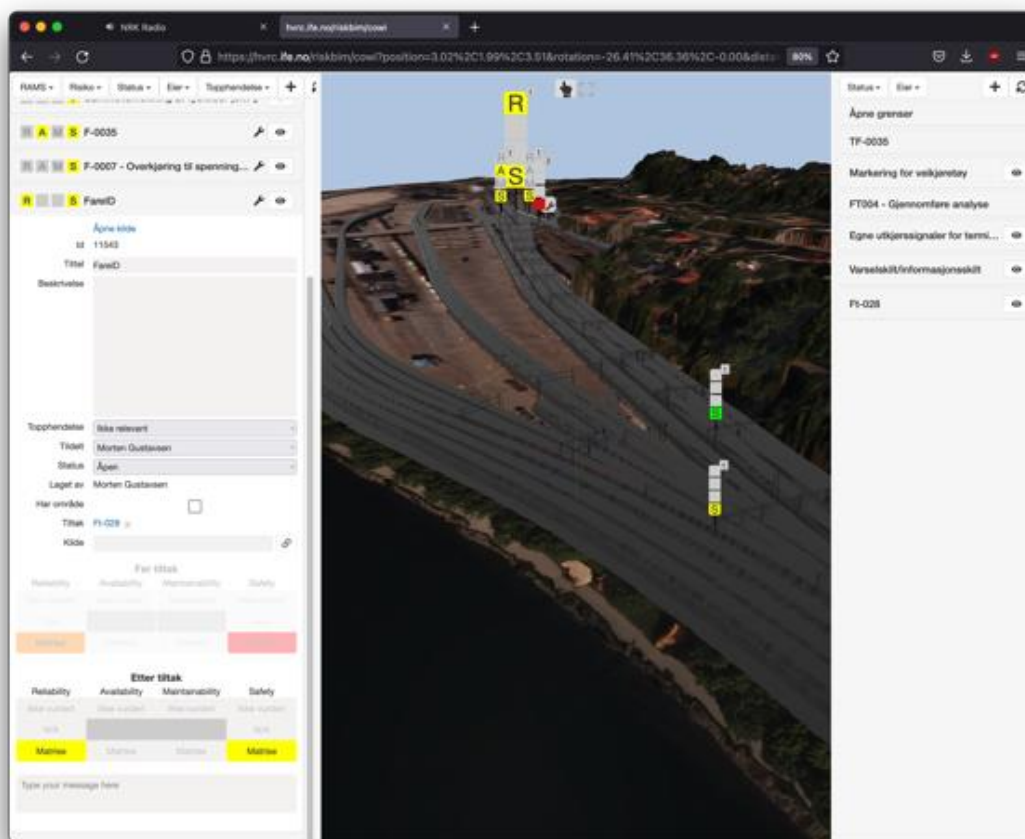
Denne pilotstudien tar utgangspunkt i programvaren og kunnskap fra pilotstudie 1a, men med følgende tilpasninger og utvidelser:

- Risikovurderinger må gjennomføres både før og etter tiltak er knyttet til en fare
- Tydeligere rolle, ansvar og hvem som følger opp tiltak sammenlignet med 1a.
- Oppfølging av saker gjøres i JIRA og ikke i MS Teams
- Det er laget et Dashboard i JIRA for å gi en helhetlig oversikt over status på farer, tiltak, ansvarlig og status. Dashboardet er vurdert nyttig for prosjektledere som ikke trenger den fulle faglige oversikten, men som ønsker en 'at-a-glance' oversikt over fareloggen og tilhørende tiltak.

I COWI er det i dag allerede utstrakt bruk av tavler i JIRA for å håndtere og følge opp RAMS-krav. Med bakgrunn i dette, så var det et ønske å koble arbeidet som er gjort tidligere i prosjektet med pågående industrielle prosjekter for å gi ny innsikt i arbeidsprosesser og metoder relatert til risikohåndtering av RAMS i BIM-modell. Det ble derfor foreslått å tilpasse den eksisterende prototypen fra pilotstudie 1a til COWI sitt prosjektmiljø ved å koble saker relatert til RAMS i JIRA mot BIM-modell og funksjonalitet i prototypen. På denne måten er det mulig å utforske verdien av modelldrevet risikohåndtering i et pågående prosjekt, samt lære og høste erfaringer om aktiv bruk av modellbasert risikohåndtering i samhandling med nye arbeidsprosesser støttet av JIRA i et pågående industrielt prosjekt. I pilotstudien er Bane NORs prosjekt Nygårdstangen-Bergen-Fløen (NBF) brukt som case. NBF omfatter innføring av dobbeltspor inn til Bergen stasjon, oppgradering av nødvendige jernbanetekniske anlegg, oppgradering av godsterminalen og innføring av nytt signalsystem.

I prosjektet er det gjort en rekke RAMS-vurderinger som har ledet til en del farer med tilknyttede tiltak. Disse farene og tiltakene var lagt inn i en tradisjonell farelogg i Excel format. I casen ble det lagt inn farer og tiltak i RiskBIM piloten, og synliggjorde farene i modell. Studien viser at piloten knytter farer og tiltak sammen på en god måte, og det er intuitivt hvordan farer og tiltak legges inn og knyttes mot hverandre. Det er også en fordel at hver fare kan ha flere tiltak knyttet til seg. Status og risikonivå pr fare er også godt synlig i software. Videre i caset ble RiskBIM koblet mot JIRA. Dette ble gjort for å skape en integrasjon med prosjektledelse, fagpersoner og byggherre. I testen som ble utført opplevde COWI at potensialet i løsningen er stort.

Muligheten for å koble en farelogg mot en prosjektplattform åpner mange muligheter for effektivisering og dokumentasjon. Det skaper også en mye tettere samarbeid mellom RAMS-rådgiver, fagpersoner og byggherre, slik at RAMS blir mer integrert i prosjekteringen. Koblingen mellom RiskBIM og JIRA åpner også en mulighet for å visualisere fareloggen som et dashboard slik at prosjektledere til enhver tid har den nyeste informasjonen på risikonivå og antall åpne og lukkede farer. I testen ble det ikke sett på noe mer enn dette, men det er åpenbart en enda større mulighet rundt dashboard-løsningen som kan vurderes videre.



Figur V2.1 Skjermbilde fra case i pilotstudie 1b

Etter gjennomført case ble det gjort datainnhenting gjennom 3 ulike spørreskjemaer, samt en åpen diskusjon etter dette. Situasjonsforståelse ble vurdert gjennom en 3-dimensjonalt Cognitive Compatibility Situation Awareness Rating Technique (CC-SART). Komplementært ble en Risk Information Seeking & Processing, tilpasset for interaktive BIM-verktøy, gjennomført for å vurdere hvordan deltakerne søker og behandler risikorelatert informasjon i verktøyene. Til slutt ble det også i denne studien gjort en SUS-test. I hovedtrekk viser resultatene at å kombinere BIM-modell med funksjonaliteten for risikovurdering i prototype, er enkel og rask å ta i bruk. Brukerne gjenkjenner og navigerer miljøet i BIM-modellen raskt og kan aktivere sin eksisterende fagkunnskap på en effektiv måte. Videre, trenger brukeren lite opptrening og læring, og de klarer å utnytte både modell og funksjonalitet på en ressurseffektiv måte. Studien og samtalen i etterkant viser at det er et stort potensial å koble et BIM-verktøy, med et moderne samhandlingsverktøy som JIRA, spesielt i tidligfase i prosjektet. For de sakene som ble overført til Bane NOR, så vi at implementasjonen manglet referanser til nødvendig dokumentasjon for byggherre for å kunne vurdere tiltakene tilstrekkelig.

Gjennomføringen av testen fungerte godt, men den kunne vært utvidet og satt av mere tid. Det burde blant annet vært prosjektledere og fagpersoner med i testen. Allikevel ble resultatet av testen godt, og den avdekket at funksjonene fungerte som de skulle og at det ga nytte for de involverte partene, samt at det er et potensial i koblingen mellom RiskBIM og JIRA som er verdt å jobbe videre med.

Tilknyttete resultater og dokumentasjon for Pilotstudie 1b:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Publikasjon (ESREL)	Situated risk integration with 3D-BIM: design and user evaluation insights [6]	1b-1
Rapport, brukerstudie av praktisk bruk av RiskBIM pilot for nukleær dekommisjonering	NND - ColaRIS	1b-2

Vedlegg

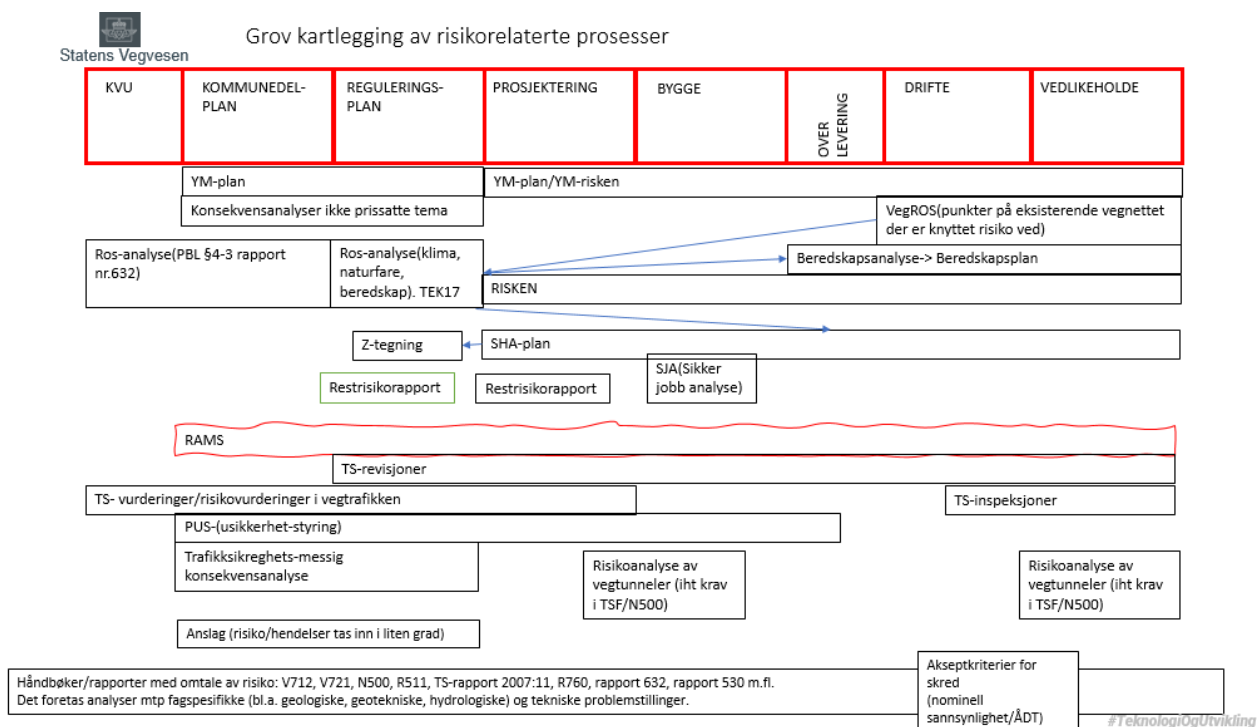
3

Pilotstudie 2a – Håndtering av farer og risiko fra Vugge til Grav

Denne pilotstudien tok utgangspunkt til å undersøke hvordan risikodata som innsamles i tidlige faser av et vegprosjekt kan brukes videre på tvers av ulike fag og faser.

RiskBIM-prosjektets overordnede mål var å forbedre dagens arbeidsprosesser og verktøy for RAMS og SHA ved å integrere disse i digital planlegging med BIM, og å få risikoforhold synliggjort i en modell. For å oppnå målene i prosjektet, hadde Statens vegvesen behov for å kartlegge hvilke typer risiko som finnes i etaten, og hvordan fagansvarlige jobber med risikoforholdene. I hovedsak avdekket kartleggingen at det er behov for å inkludere flere andre fag som jobber med farer og risiko, samt at det er nødvendig å starte arbeid relatert med risiko i en tidligere fase sammenlignet med dagen praksis.

Error! Reference source not found. viser en kartlegging av interne prosesser hvor man jobber med risiko, og indikerer hvilke aktiviteter/leveranser som foregår i de ulike fasene av et planprosjekts livsløp. Figuren viser også enkelte avhengigheter mellom leveranser og faser (vist med piler).



Figur V4.1 Grov kartlegging av risikorelaterte prosesser som gjennomføres i SVV i dag.

Tidlig i 2020 ble det synlig at Statens vegvesen (SVV) har et potensiale for å jobbe mere enhetlig med risiko da dette tidligere har vært utført ulikt i de gamle regionene. Statens vegvesen følger krav i lovverk og håndbøker, men sluttresultatet der risiko beskrives, har ikke en ensartet form. Det kan også i flere risikovurderinger være vanskelig å se vurderingene som ligger bak og de er dermed vanskelig å etterprøve.

Gjennom kartleggingen har arbeidsgruppen observert at vi har flere siloer internt som medfører brudd i dataflyt/kunnskapsoverføring i et vegprosjekt; fag, fase og personalskifte. I SVV er arbeidet med risiko fragmentert, og ansvaret er plassert på ulike fagmiljøer og planfaser. Mye godt arbeid gjøres, men det mangler en naturlig informasjonsflyt fra en fase til den neste. Det mangler også kommunikasjonsarenaer hvor man enkelt overfører og deler informasjon om risiko som er relevant for andre personer eller fag.

Ved synliggjøring av at SVV ikke har et like godt internt system for å videreformidle risikoforhold i planfaser, og mellom fasene, ble det besluttet at det gjennom RiskBIM var nødvendig å utvikle et «risikoregister», et verktøy som vil gi mulighet til tilsvarende, eller bedre, informasjonsflyt som Bane NOR sin farelogg gir. Behovet for et felles risikoregister dannet utgangspunktet for en ny pilotstudie (2b), hvor man ønsket å utforske BIM Collaboration Format (BCF) som et standardformat for utveksling av risikoinformasjon.

Dataflyt og modeller

For å kunne svare ut de tre hovedmålene i RiskBIM-prosjektet, måtte arbeidsgruppen se på hvordan risikohåndtering og hvordan informasjonsflyten internt i SVV fungerer. Dette synliggjorde hva en prototyp burde inneholde for å kunne gi god verdi for SVV. I tidlige faser (KVU, Kommunedelplan) av et vegprosjekt brukes som regel GIS-verktøy for kartlegging samt for fremstilling av data. Det er kun i senere faser av et vegprosjekt (reguleringsplanfase og under prosjektering) at prosjektet har utarbeidet en 3D-modell som underveis berikes med informasjon. Denne utvikler seg videre til å bli en mer fullverdig BIM-modell. I Figur V4.2 vises et eksempel på en gradvis utvikling gjennom et prosjekts livsløp, som også synliggjør informasjonsmengden avhengig av hvilken fase man er i.



Figur V4.2 Ulike fremstillingsverktøy og plattformer som benyttes i et vegprosjekt i dag.

Ideen om å oppføre elementer relatert til risiko allerede i en tidlig planfase, som f.eks. ved bidrag til visualisering og siling i en Konseptvalgutredning (KVU), for deretter å ta denne informasjonen og detaljere den ytterligere i henhold til de neste planfasene, ble vurdert som et grep som er nødvendig for SVV. Dette vil gi SVV et felles verktøy hvor man kan registrere risikoforhold, men også en enklere og en omforent måte å jobbe med risiko på. I tillegg har vi en endring av ulike behov av prosjekteringsverktøy avhengig av fase.

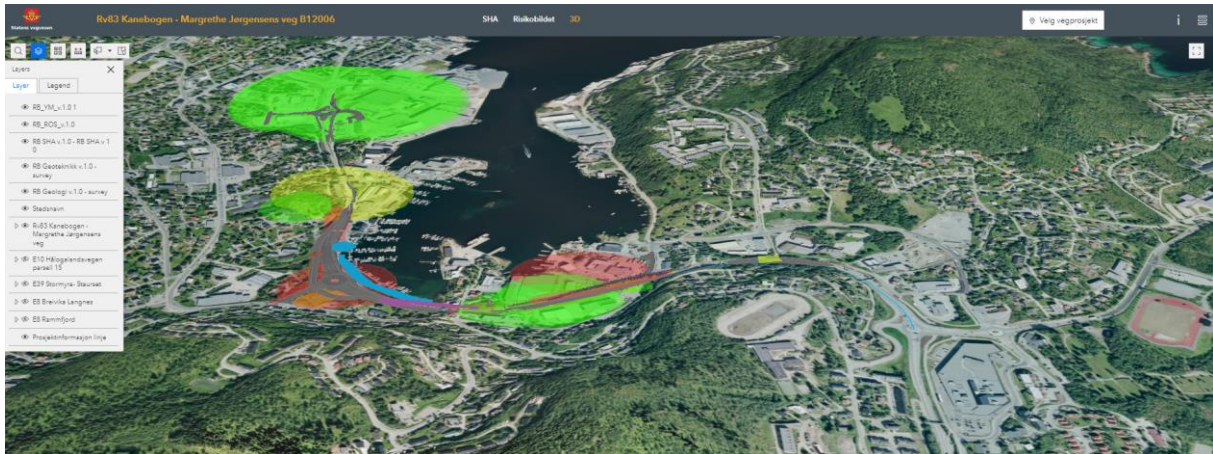
Georeferering av risikodata som identifiseres i tidlig fase burde inngå i en 3D-modell. Samlet og georefererte data vil kunne gi bedre dataflyt mellom faser, sammenlignet med dagens praksis. Selv om en BIM-modell kommer i en sen fase av et vegprosjekt, kartlegges likevel risiko og faredata i starten av et vegprosjekt (som i KVU, KDP). Disse dataene er det viktig å ivareta og arbeide med gjennom vegens hele livsløp. Separate faser i et vegprosjekt skaper ofte en begrensning for dataflyt. Skifte av fagpersoner mellom fasene kan hindre dataflyt, og gi en følelse av at arbeidet starter på nytt. Videre vil en bedre dataflyt kunne gjøre SVV mindre avhengig og sårbar i situasjoner hvor fagpersoner slutter eller ikke er tilgjengelig, da tidligere informasjon og dokumentasjon ligger tilgjengelig i direkte i verktøyet. Arbeid i separate fasene fører også til silotenkning, og kan forsterkes mellom de ulike fag. Noe av dette skyldes sannsynligvis ulikt lovverk, standarder eller håndbøker som fagene må forholde seg til.

Den overordnede idéen har dermed for SVV vært å videreutvikle arbeidsprosesser ved at risikostyring integreres tettere med GIS- og BIM-verktøy. Beslutningstakere og prosjektdeltagere skal da kunne få et lett tilgjengelig, oppdatert og helhetlig bilde av risikoforhold gjennom alle prosjektets livsløpsfaser. Å samle og presentere georefererte farer i et kart/modell fremfor kun å ha slik informasjon dokumentert i Excel-filer og rapport-form, samt i ulike mapper internt på et filområde, vil kunne gi en gevinst for mange. Det vil fortsatt skrives rapporter hvor vurderinger fremkommer, men det vil bli enklere å få et visuelt inntrykk av hvilke farer og hvor de er relatert til hverandre, i en kartframstilling og/eller en modell.

Prototyp

For å utarbeide et tilstrekkelig underlag, og sikre at dette lar seg gjøre, ble det bestemt å utvikle en prototyp. Utviklingen av prototypen har gitt SVV et verktøy som kan gjøre samhandling mellom fag og faser både riktigere og enklere dersom det blir tatt i bruk. Utfordringen er at når verktøyet nå er utviklet, og forskningsmidlene er oppbrukt, er det fortsatt et stort behov for videreføring av prosjektet. Selv om RiskBIM-prosjektet har gitt en verdi i form av en prototyp som kan benyttes av interne ressurser i flere faser av prosjektets levetid, gir verktøyet også mulighet for sporbar dokumentasjon. Det er synlig at det vil komme forbedringspunkter, og nødvendige redigeringer, av verktøyet. Et Virksomhetsutviklingsprosjekt som håndterer utviklingen av RiskBIM videre internt i SVV anses som en fornuftig løsning. Dette for å sikre at verktøyet blir godt egnet til bruk i alle prosjekter.

Prototypen ligger på en server hos ArcGIS Online, og det kan synes noe uvant å jobbe i ArcGIS for mange. Det mest hensiktsmessige for SVV vil være å få dette overført til programportalen, slik at flere i Statens vegvesen har anledning til å laste ned, og ta i bruk verktøyet i sitt prosjekt.



Figur V4.3 Skjermbildet av pilotstudie 2b risikoregister hos Statens vegvesen

Konklusjon, anbefaling og veien videre

RiskBIM-prosjektet vil kunne bidra til å gi SVV et digitalt verktøy som kan forenkle oversikten over risiko i prosjekter i hele prosjektets levetid, og samtidig gi et mer omforent verktøy for hvordan man jobber med risiko i alle faser. Verktøyet vil forenkle dokumentasjon av beslutninger og endringer i løsninger i tidligere fase, og medføre at Vegtilsynets dokumentasjonskrav lettere imøtekommes. RiskBIM-prosjektet har til en viss grad bidratt til å samle fagmiljø som jobber med risiko i SVV. Det er likevel et behov for å fortsette å utvikle samarbeid og informasjonsflyt mellom enhetene. I dag er dette oppdelt og det er lite informasjonsflyt mellom faser og fagmiljø. Det er heller ikke et felles fagmiljø. Videre er bruken av definisjoner ulik i de ulike enhetene, og det kan med fordel bli en mer omforent bruk av definisjoner. I løpet av de årene RiskBIM-prosjektet har pågått, har man internt fått noe mer kjennskap til hverandre, og hverandres oppgaver, men hovedlinjen er at vi fortsatt jobber forholdsvis likt som i 2019 (før prosjektet kom skikkelig i gang internt). Pilotstudien viser at SVV mangler en mere helhetlig risikostyring. Gjennom arbeidet med pilotstudien har vi kommet et langt stykke på vei, og ser at det er behov for et verktøy for å oppnå dette.

De positive effektene av RiskBIM-prosjektet kan fort forspilles dersom det ikke settes ned en liten arbeidsgruppe som kan ivareta support ved bruken av verktøyet, samt gjøre nødvendige tilpasninger. Ved hjelp av dashboardet får også planleggingsleder og prosjektleder en enkel oversikt over risikobildet i sitt prosjekt. Dette kan bidra til at man har en mer omforent forståelse av momenter som har påvirkning på risiko, men også en tydeligere synliggjøring av hvor det er behov for mer informasjon. Kostnader knyttet til tiltak kan også gis en enklere en vurdering av. Når RiskBIM-prosjektet utvikles, anbefales det å opprette et internt (VU-)prosjekt for å gjøre nødvendige forbedringer. Dette vil medføre at SVV få et levende verktøy som flere i SVV kan få nytte av og bidra til en mer omforent og etablert måte å jobbe med risiko i prosjekt på.

Tilknyttete resultater og dokumentasjon for Pilotstudie 2a:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Rapport Statens vegvesen	FoU RiskBIM - Registrering og håndtering av risiko i alle faser av et vegprosjekt	2a-1

Vedlegg

4

Pilotstudie 2b – Standarder for utveksling av risikorelatert informasjon

Denne pilotstudien har undersøkt potensialet ved å ta bruk BIM Collaboration Format (BCF) som grunnlag for å lagre og utveksle RAMS og SHA- risikodata i modellbaserte transportprosjekter.

BCF er et format og en åpen standard som muliggjør kommunikasjon, overføring og samhandling av modellbaserte saker mellom ulike BIM-applikasjoner uten å måtte oppdatere den sammensatte BIM-modellen. Mer spesifikt gjøres dette ved å tilgjengeliggjøre og utveksle filer (i XML-format) eller data som er knyttet til spesifikke objekter, hele etasjer eller et bygg i BIM. Ved hjelp av BCF er det mulig å adressere saker og problemstillinger direkte til riktig fag, ressurs eller person, i sanntid uten å måtte åpne en stor eller kompleks modell. Sakene i BCF relateres til en Industry Foundation Classes (IFC) fil som representerer BIM-informasjonen i et standardisert, åpent format. Av spesiell interesse i dette prosjektets sammenheng er å undersøke muligheter for å dele og lagre risikodata sømløst mellom de ulike applikasjonen fagene bruker, og dermed kunne knytte risikofaget nærmere prosjekteringsansvarlige, byggherre og de ulike ingeniørfagene.

Dette studiet hadde som mål og undersøke potensialet ved å ta i bruk BCF som informasjonsbærer og filformat for i første omgang lagre og utveksle RAMS og SHA-risikodata i modellbaserte samferdselsprosjekter. Studien inkluderer hvordan ulike kommersielle applikasjoner støtter lagring og utveksling av BCF, både ved hjelp av filutveksling, samt ved bruk av et REST (Representational State Transfer) API (Application Programmers Interface). Studien ble gjennomført ved bruk av dokumentasjon fra applikasjoner, utveksling av test-filer, og for API-versjonen ved å utvide og inkludere BCF med RAMS og SHA data, for deretter å gjøre de tilgjengelig med andre ulike BIM-verktøy.

Arbeidet med BCF standarden startet i 2009 og formatet har utviklet og forandret seg fram til nå. Studien startet derfor med å undersøke hvor godt egnet de ulike versjonene av BCF var for å kunne lagre risikodata. Den første versjonen, BCF 1.0, er en "låst" standard og kan ikke utvides (bare status kan endres), og er dermed uegnet til formålet da det ikke vil være mulig å lagre egne risikodata. BCF 2.1 regnes som en forbedring i forhold til tidligere versjoner, både med tanke på å kunne utvide formatet, samt bedre støtte for å følge opp saker. Derimot for den nyeste versjonen 3.0, som foreløpig har liten støtte i applikasjoner, kan man lese fra standarden:

“If any Xml file in an imported BCF container contains additional or unknown properties, BCF clients shall ignore them and not produce errors. This is to allow BCF implementations the freedom to add additional functionality. Client implementations are not required to preserve these properties.»

Dette er en stor begrensning for å kunne muliggjøre utveksling av risikodata mellom applikasjoner og fører til at applikasjoner (klienter) som skal bruke BCF ikke kan garantere at egne data vil bli forstått eller tatt vare på. I studien ble det derfor bestemt å bruke 2.1 (samt 2.0 i de tilfeller der 2.1 ikke var støttet) som format for de praktiske testene for å videre undersøke hvordan ulike kommersielle applikasjoner

støtter et utvidet BCF format. I korte trekk viser det seg at støtten for BCF mellom applikasjoner varierer mye og er generelt dårlig, og derfor kan ikke denne fremgangsmåten med direkte BCF-kommunikasjon mellom BIM-applikasjoner anbefales. I hovedtrekk kan man oppsummere støtten fra de største leverandørene slik.

- **Autodesk:** Den eneste applikasjonen fra Autodesk som støtter BCF er Revit, og den har kun støtte for filutveksling. Det har tidligere vært støtte i Autodesk sine produkter via en plug-in for BIM360, men den er ikke lenger tilgjengelig.
- **Trimble:** I følge buildingSMARTs liste over produkter er det kun Novapoint, Connect og Tekla Structures som støtter BCF-filer (og ingen støtte for API)
 - Trimble Connect BCF 2.0 er det støttede formatet for **import** og BCF 1.0 er det støttede formatet for **eksport**. Det vil derfor ikke være mulig å definere og ta vare på egne risikodata.
 - Tekla Structures har et BCF Comment-verktøy som bruker BCF 2.0, videre finnes det oppdaterte verktøy med støtte for BCF 2.1, men de er ikke kompatible med hverandre.
 - Novapoint kan importere og eksportere emner til BCF versjon 2.0, og bør forventes å ha en pålitelig BCF-integrasjon.
- **ESRI:** ArcGIS Pro har ingen støtte for BCF direkte, men Feature Manipulation Engine (FME) fra Safe Software integrerer med ArcGIS Pro, og støtter BCF til en viss grad.

For mere utfyllende detaljer angående støtte for utveksling av BCF mellom ulike applikasjoner, se rapport fra IFE i RiskBIM-prosjektets Teams-side (se også tbell med oversikt over resultater og dokumentasjon nedenfor).

Det finnes også spesialisert tredjeparts dataintegrasjonsverktøy for å støtte utveksling av BCF-filer. Av disse har vi sett på BIMCollab, BIMsync og BIM Track hvor BIMCollab virker mest lovende. BIMCollab har bred støtte mellom ulike applikasjoner slik som Navisworks, AutoCAD og Revit, i tillegg til Trimble Connect og BIM360. BIMCollab støtter også «on-premise» versjoner som gjør det mulig å dele data uten bruk av skyløsninger.

Videre ble det også undersøkt muligheten for å bruke en REST API-basert fremgangsmåte. Bruk av REST API krever programmeringsferdigheter og tilpasninger for å kunne lagre egne datafelt i BCF. For å teste dette ble det gjort praktiske tester ved å lagre RAMS og SHA data i BIMSync Rest API. Studien viser at ved å ta i bruk en kombinasjon av separate felt og dokumentstrukturen i BCF, kan risiko- og annen data både lagres og leses ved hjelp av REST-kall. I studien ble det lagret spesifikke risikodata som et JSON-dokument, men andre formater kan også brukes her. Dette gjorde det mulig for oss å lagre spesialiserte data som risiko, sannsynlighet, konsekvens eller annen relevant data i en egen fil og knytte det til en spesifikk sak.

Tilknyttete resultater og dokumentasjon for Pilotstudie 2b:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Intern Rapport, Sammendrag av arbeidsdokument	Use of BIM Collaboration Format to support interoperability of Risk Information	2b-1
Intern Rapport, arbeidsdokument	Use of BIM Collaboration Format to support Risk Information – Work Report	2b-2
Intern Rapport, arbeidsdokument som oppsummerer resultater	Summary - Use of BIM to support risk information, an overview	2b-3

Vedlegg**5****Pilotstudie 3 – Automatiserte analyser**

I denne pilotstudien har RiskBIM-prosjektet utviklet en metode og et software-konsept for å kunne effektivisere utvikling av bowtie-modeller til bruk for barrierestyring av jernbane. Den overordnede ideen med denne pilotstudien er å utnytte kunnskap og informasjon fra BIM-modeller til å modifisere en generisk bowtie-modell til en forenklet bowtie-modell tilpasset en spesifikk bruk. Både informasjon som ligger i selve informasjonsmodellen og geometrien er tenkt brukt.

Denne pilotstudien er tett knyttet opp mot et tidligere prosjekt i Bane NOR hvor det ble utviklet generiske bowtie-diagrammer for relevante topphendelser for jernbanetunneler til bruk som basis for risikoanalyser. Bowtie-diagrammene er basert på 27 tidligere risikovurderinger av ulike typer tunneler, samt flere møter med ulike domeneeksperter. Dette resulterte i en stor generisk modell som består av fem bowtie-diagrammer, ett diagram for hver av de fem definerte topphendelsene som er relevante for tunneler:

- brann
- avsporing
- kollisjon tog-tog
- kollisjon tog-objekt
- person skadet i/ved siden av spor.

Videre ble det innlemmet ulike konsepter for utforming av en jernbanetunnel:

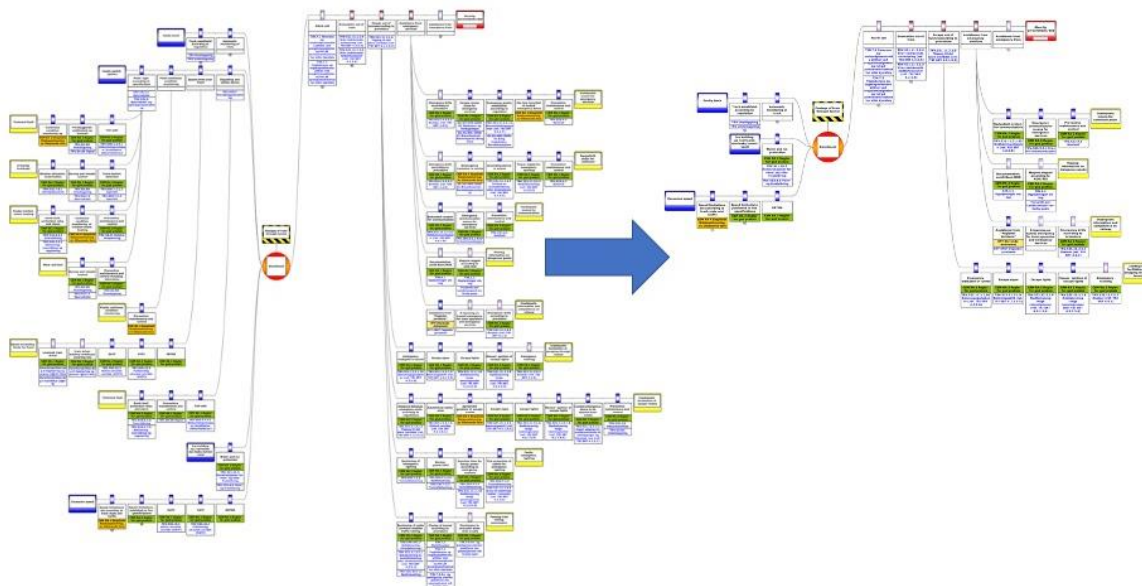
- enkeltløp med dobbeltspor og et parallelt løp for servicespor
- enkeltløp med dobbeltspor
- dobbeltløp med enkeltspor
- enkeltløp med enkeltspor.

Målet med bowtie-modellen er å bruke den som grunnlag for å kunne effektivisere risiko- og beredskapsanalyse av tunneler ved å gjenbruke relevante farer og resultater fra tidligere analyser.

For å kunne nå målet med denne arbeidspakken og effektivisere utvikling av bowtie-diagrammer, vil denne generiske modellen måtte justeres til å ta hensyn til særtrekk ved spesifikke tunneler for å kunne benyttes som utgangspunkt før videre analyse. En relevant teknologi og metode som har potensial i denne sammenheng er digitale bygningsinformasjonsmodeller (BIM). Med BIM-teknologi blir en nøyaktig virtuell modell av et anlegg digitalt konstruert for deling og koordinering av arbeid. Modellen gir informasjon som gjør at alle interessenter kan samarbeide og ta trygge, kunnskapsrike og kostnadseffektive beslutninger i et prosjekt. Et viktig konsept i BIM er at informasjon deles gjennom et gjensidig tilgjengelig digitalt rom hvor data samles gjennom hele prosjektets livssyklus. Dette omtales som en "informasjonsmodell".

Den generiske bowtie-modellen dekker alle tunnelkonsepter og barrierer som kreves for alle lengder og typer av tunneler. For å illustrere med et eksempel inkluderer RiskBIM-programvaremodulene denne kunnskapen til eksempelvis «Avsporing» for en enkeltsporet tunnel. Trusselen sporveksel med alle tilhørende barrierer, eskalerende faktorer og eskalerende faktorkontroller vil bli slettet ved bruk av RiskBIM-

programvaren da de ikke er relevante for dette konseptet med tunneler, fordi enkeltsporet tunnel har ikke sporveksler. I den enkeltsporede tunnelen vil det heller ikke være fare for at et passerende tog treffer en passasjer som evakuerer fra det avsporede toget. Eskaleringsfaktoren «Forbipasserende tog påkjører passasjerer» med tilhørende eskalerende faktorkontroller knyttet til barrieren «Rømme ut av tunnel iht. prosedyre» vil også bli slettet. På samme måte vil alle barrierer eller eskalerende faktorer som kreves for lengre tunneler kunne slettes for en kort tunnel.



Figur V5.1 Utdrag av avsporing i tunnel. Figuren illustrerer den generiske bowtie-modellen til venstre og den tilpassede modellen til høyre.

For å kunne ta i bruk automatiserte analyser gjennom BowTie-modeller knyttet til BIM, må BIM-modeller utformes på en bestemt måte og inneholde nødvendige data. Prosjektet har i løpet av arbeidsperioden fått tilgang til BIM-modeller som er brukt i jernbaneprosjekter og gjort vurderinger av potensialet for bruk av BIM som informasjonsgrunnlag. Disse undersøkelsene viser at det er store forskjeller mellom ulike prosjekter i hvordan BIM-modellene er organisert og hvor mye informasjon som er lagret i informasjonsmodellene. Det vil derfor være behov for kravspesifikasjoner for BIM for at BIM skal tilfredsstillere behovene og inneha den nødvendige informasjon for at konseptet utviklet i RiskBIM skal ha nytteverdi¹. Det er imidlertid ikke behov for å integrere all informasjon i BIM, for en del av databehovet kan ofte dekkes gjennom andre verktøy og databaser (f.eks. vedlikeholdssystem som inneholder informasjon om objekter og objektenes egenskaper), avhengig av i hvilken fase et vei-/baneprosjekt er.

¹ Det vil det være mulig for både Staten vegvesen og Bane NOR å stille krav til at denne informasjon skal implementeres i alle modeller for veg og jernbane. Det har imidlertid ikke vært et formål og en egen aktivitet i RiskBIM-prosjektet å lage en kravspesifikasjon. Dette vil være videre utviklingsarbeid etter at prosjektet er avsluttet. Det foregår standardiseringsarbeid i begge organisasjonene som kan ivareta informasjonskravene når fagmiljøene spesifiserer hva de trenger av informasjon, som f.eks. for bowtie-modeller.

Tilknyttete resultater og dokumentasjon for Pilotstudie 3:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Publikasjon (ESREL)	Semi-automated bow-tie diagrams for optimizing safety analysis in the railway infrastructure [5]	3-1
Excel Ark	Spørsmål om tunneler for tilpassing av BowTie modell 28.09	3-2
Notat	Notat – Kort beskrivelse av arbeidsprosess og resultat for bruk av BIM som informasjonsgrunnlag for semi-automatisert generering av BowTie-diagrammer	3-3

Vedlegg

6

Pilotstudie X – BIM i drifts- og vedlikeholdsfasen

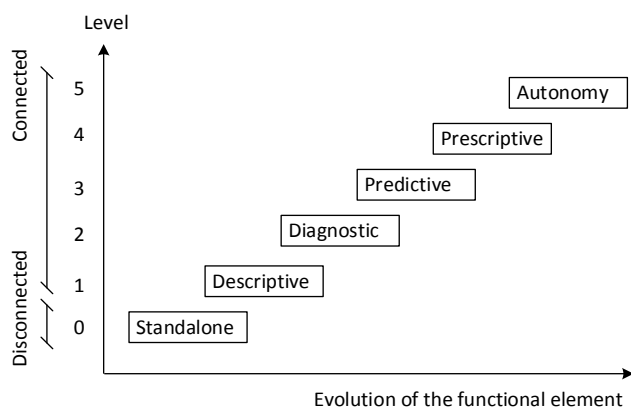
Bakgrunn

Studien startet med en prosjektoppgave hvor funksjonalitet til dagens verktøy for BIM ble vurdert med hensyn på hvordan BIM modeller kan benyttes i en drifts- og vedlikeholdsfasen. Flere utfordringer ble identifisert:

- Verktøyene som eksisterer i dag har begrenset mulighet til å etablere sanntidsmodeller. For å kunne benytte en BIM til å vurdere vedlikeholdsbehov, endring i risikobilde over tid osv., er det nødvendig med hensiktsmessige måter å representere tidsdimensjonen på
- Det synes urealistisk å etablere BIM-modeller for eksisterende infrastruktur. Det betyr at dersom BIM-modellene for ny infrastruktur skal benyttes som generelt beslutningsgrunnlag i drifts- og vedlikeholdsfasen, må man operere med to sett av modeller og verktøy, dvs. ny og gammel infrastruktur. Dette vurderes lite hensiktsmessig.
- BIM-modellene vil kun inneholde begrenset informasjon om infrastrukturen, f.eks. er det lite realistisk at områder «et stykke fra» veg- og jernbane blir lagt inn i BIM-modellene, og da må man uansett ha andre verktøy å støtte seg til, f.eks. GIS-modeller.

Tilnærming

Med utgangspunkt i begrensninger vi ser i BIM som et viktig verktøy for drifts- og vedlikeholdsfasen ble det derfor valgt å se litt bredere på digitale verktøy i en slik sammenheng. Det var da naturlig å se på konseptet «digitale tvillinger». Det finnes mange perspektiver på hva en digital tvilling er, men for å bli litt mer konkret har vi valgt å legge DNV-RP-A204 [8] (Anbefalt praksis for kvalitetssikring av digitale tvillinger) til grunn. I dette dokumentet introduseres ulike modenhetsnivåer for digitale tvillinger:



Figur V6.1 Modenhetsnivåer for digitale tvillinger [8]

Ut fra dette har vi så valgt å analysere studentarbeidene, dvs. modeller utviklet, mht. hvor de ligger med hensyn på modenhetsnivå, og hva som skal til for å komme på et høyere nivå.

Den første studentmodellen tar utgangspunkt i degradering av bruer. Dagens klassifiseringsregimet i Statens vegvesen med 4 tilstandsklasser legges til grunn.

Degraderingen modelleres med en Markov tilstandsmodell. Inspeksjonsintervaller avhenger av observert tilstand slik at det er behov for sanntids representasjon for å kunne etablere inspeksjonsplanene. Med basis i modellen diskuteres hvordan man kan benytte sanntids informasjon om f. eks. trafikkforhold for å bestemme tidspunkt for utbedringer. Modellen som er utviklet er en såkalt «Disconnected» model iht. DNV-RP-A204 kategoriseringen og det diskuteres hvordan man kan lage en «connected» digital tvilling. Modellene som er utviklet har prediktiv funksjonalitet.

Den andre studentmodellen er også en Markov tilstandsmodell. Denne modellen kombinerer to digitale tvillinger, en for tilstand til et jernbanedreneringssystem, og en for nedbørsituasjonen. Ved å kombinere de to tilstandsmodellene kan ulike beredskapsstrategier testes ut. Også her har vi en «Disconnected» model i hht DNV-RP-A204, og det diskuteres hvordan den prediktive funksjonaliteten kan gjøres i sann tid.

Arbeidene er oppsummert i rapporten «BIM and Digital Twins – Application in maintenance and operation». I tillegg til at modellene presenteres er det også gitt en mer generell diskusjon av hvordan man kan kategorisere digitale tvillinger. Det foreslås en kategorisering med følgende overskrifter:

- Drift inklusive konsekvenser av driftsforstyrrelser
- Tilstand
- Risiko
- Miljø (dvs påvirkende faktorer)
- Vedlikeholdskostnader

Tilknyttete resultater og dokumentasjon for Pilotstudie X:

Type resultat	Tittel/Beskrivelse	Nr.
Rapport	BIM and Digital Twins – Application in maintenance and operation	X-1
Studentoppgave (masterrapport)	Prototype for demonstration of maintenance and production synchronization	X-2
Studentoppgave (spesialiseringsrapport)	Digital Twins for Synchronisation of Production and Maintenance	X-3
Studentoppgave (spesialiseringsrapport)	Terminologi i RiskBIM	X-4
Studentoppgave (masterrapport)	Stokastisk tilstandsmodellering av stikkrenner i jernbanen ved bruk av multi-fase Markovmodeller	X-5
Publikasjon (ESREL)	Modelling of condition-based inspections and deterministic maintenance delays for bridge management	X-6
Publikasjon (ESREL)	A Markov-base bridge maintenance optimization model considering user costs	X-7

Vedlegg

7

Oversikt over prosjekresultater

Rapporter og notater

Tabellen nedenfor gir en oversikt over prosjektrapporter og -notater.

Tabell V6.1 Rapporter og notater

Forfatter	Tittel	Type	År
Sunniva Hansen (Multiconsult)	Analyse av spørreundersøkelse i RiskBIM-prosjektet	Rapport	2019
Morten Gustavsen, André Hauge (IFE), Thomas Welte (Bane NOR)	User Requirement Document (URD) – RiskBIM Web-App	Intern Rapport, Dokument som oppsummerer brukerkrav.	2020
Morten Gustavsen, André Hauge (IFE), Thomas Welte (Bane NOR)	Prepilot RiskBIM - funksjonalitet	Presentasjon som visuelt beskriver funksjonalitet i software brukt til studie	2020
Christopher Bach, Morten Gustavsen (IFE)	Use of BIM Collaboration Format to support interoperability of Risk Information	Intern Rapport, Sammendrag av arbeidsdokument	2021
Christopher Bach, Morten Gustavsen (IFE)	Use of BIM Collaboration Format to support Risk Information – Work Report	Intern Rapport, arbeidsdokument	2021
Christopher Bach, Morten Gustavsen (IFE)	Summary - Use of BIM to support risk information, an overview	Intern Rapport, arbeidsdokument som oppsummerer resultater	2021
Grethe Lillehammer (Bane NOR)	Spørsmål om tunneler for tilpassing av BowTie modell 28.09	Excel Ark	2021
Morten Gustavsen (IFE)	Notat – Kort beskrivelse av arbeidsprosess og resultat for bruk av BIM som informasjonsgrunnlag for semi-automatisert generering av BowTie-diagrammer	Notat	2021
Jørn Vatn (NTNU)	BIM and Digital Twins – Application in maintenance and operation	Rapport	2022
Liliya Zhupanova, Jan Erik Lien, Eva Westgaard Pettersen, Linda Thørnquist, Naomi Paulsen (Statens vegvesen)	FoU RiskBIM - Registrering og håndtering av risiko i alle faser av et vegprosjekt	Rapport	2022
Thomas Welte, Grethe Lillehammer (Bane NOR), Morten Gustavsen (IFE), Jørn Vatn (NTNU), Liliya Zhupanova (Statens vegvesen), Robert Ganz (COWI)	Sluttrapport: RiskBIM – Risikostyring i BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter	Rapport	2022

Vitenskapelige artikler

Resultater fra prosjektet er publisert i fire vitenskapelige artikler, se tabell.

Tabell V6.2 Vitenskapelig artikler

Forfatter	Tittel	Publikasjonskanal	År
Sizarta Sarshar, André A. Hauge (IFE), Rune Winther (Multiconsult)	Towards Risk Informed BIM Models in Major Norwegian Transport Projects	ESREL	2019
André A. Hauge, Morten Gustavsen, Sizarta Sarshar (IFE), Rune Winther, Sunniva N. Hansen (Multiconsult)	Risk Informed BIM Models – A Data Gathering with End Users	ESREL/PSAM	2020
Grethe Lillehammer (Bane NOR), Morten Gustavsen (IFE), Geert van Loopik (CGE Risk)	Semi-automated bow-tie diagrams for optimizing safety analysis in the railway infrastructure	ESREL	2022
Morten Gustavsen, Lucas Stephane (IFE), Ole Jakob Ottestad (NND), Robert Ganz (COWI)	Situated risk integration with 3D-BIM: design and user evaluation insight	ESREL	2022
Tianqi Sun og Jørn Vatn (NTNU)	Modelling of condition-based inspections and deterministic maintenance delays for bridge management	ESREL	2021
Tianqi Sun og Jørn Vatn (NTNU)	A Markov-base bridge maintenance optimization model considering user costs	ESREL	2022

Presentasjoner på konferanser og seminarer

Resultater fra prosjektet ble presentert på ulike konferanser og seminarer, se tabell nedenfor.

Tabell V6.3 Presentasjoner

Foredragsholder(e)	Tittel	Arrangement	Dato
Sizarta Sarshar (IFE)	Towards Risk Informed BIM Models in Major Norwegian Transport Projects	ESREL 2019	2019
André Hauge (IFE), Morten Gustavsen (IFE)	Risk Informed BIM Models – A Data Gathering with End Users	ESREL 2020 / PSAM 15	2020
Thomas Welte (Bane NOR)	Risk-informed BIM models	ESRA Webinar «Risikomodellering og kommunikasjon»	22.11.2020
Thomas Welte (Bane NOR), Morten Gustavsen (IFE)	Risikostyring i BIM-drevne offentlige samferdselsprosjekter	Prosjektseminar med Samferdselsdepartementet, organisert av Forskningsrådet	11.01.2022
Thomas Welte (Bane NOR), Morten Gustavsen (IFE), Jørn Vatn (NTNU)	Resultater fra RiskBIM-prosjektet	ESRA Norge årsmøteseminar: «Risikostyring som beslutningsstøtte – eller	01.06.2022

		får synsing det siste ordet?"	
Morten Gustavsen (IFE)	Situated risk integration with 3D-BIM: design and user evaluation insight	ESREL 2022	29.09.2022
Grethe Lillehammer (Bane NOR), Morten Gustavsen (IFE)	Semi-automated bow-tie diagrams for optimizing safety analysis in the railway infrastructure	ESREL 2022	30.08.2022
Thomas Welte, Grethe Lillehammer, Kristin Lysebo (Bane NOR), Liliya Zhupanova (SSV), Morten Gustavsen (IFE), Robert Ganz (COWI), Jørn Vatn (NTNU)	<i>(ulike presentasjoner om RiskBIM prosjektet, prosjektresultater og pilotstudier)</i>	RiskBIM avslutningsseminar	29.09.2022

Studentoppgaver

Gjennom samarbeidet med NTNU er det laget 4 studentoppgaver (semester/masteroppgaver).

Tabell V6.4 Studentoppgaver (NTNU)

Forfatter	Type	Tittel	År
Dasom Lee	Masterrapport	Prototype for demonstration of maintenance and production synchronization	2022
Dasom Lee	Spesialiseringsrapport	Digital Twins for Synchronisation of Production and Maintenance	2021
Ole Daniel Trandheim Røn	Spesialiseringsrapport	Terminologi i RiskBIM	2021
Johan Fredrik Stoud Platou	Masterrapport	Stokastisk tilstandsmodellering av stikkrenner i jernbanen ved bruk av multi-fase Markovmodeller	2020

Gjennomførte møter

De viktigste møtene i prosjektet er oppsummert i tabellen nedenfor. Ut over disse, er det gjennomført i pilotstudiene et stort antall mindre arbeidsmøter, workshoper og tester av prosjektresultater.

Tabell V6.5 Gjennomførte møter

Møte	Kommentar	Dato
Oppstartsmøte	Oppstartsmøte med prosjektdeltakerne	11.06.2019
Styremøter	Det er gjennomført 23 styremøter i løpet av prosjektperioden. Siden prosjektet i lange perioder var preget av restriksjoner pga. Covid-19, er disse møtene stort sett gjennomført som korte digitale Teams-møter.	2019-2022

Prosesser og standarder veg og bane	I dette møtet presenterte Statens vegvesen og Bane NOR prosesser og standarder relatert til risikostyring som i dag benyttes innen veg og bane	20.05.2020
Seminar med NTNU PhD studenter	Statens vegvesen og NTNU har et PhD-program, SMARTere vedlikehold av veginfrastruktur, som er et tverrfaglig FOU-prosjekt med hensikt på å forbedre og effektivisere vedlikehold av vegnettet i Norge. I seminaret presenterte noen av PhD-studentene i programmet sitt arbeid.	16.04.2021
Workshop: Konklusjoner og anbefalinger fra prosjektet	Det er gjennomført en workshop med prosjektdeltakerne i Oslo for å identifisere og diskutere konklusjoner fra prosjektet, anbefalinger for implementering av prosjektresultater og videre arbeid.	01.06.2022
RiskBIM sluttseminar	Prosjektets sluttseminar, gjennomført som digitalt møte (Teams) for å presentere prosjektresultater.	29.09.2022

Spin-off aktiviteter

Konsepter utviklet i RiskBIM har blitt brukt for andre formål innenfor kjerneenergi, se tabellen nedenfor.

Tabell V6.6 RiskBIM spin-off aktiviteter

Aktivitet	Beskrivelse	Bransje	Publikasjoner / informasjon
Nukleær dekommisjonering	RiskBIM-konsepter fra pilotstudie 1a og 1b ble bruk i et samarbeid mellom IFE og Norsk Nukleær dekommisjonering (NND)	Kjernerkeft	[6]
Nukleær dekommisjonering, risiko knyttet til stråling	Pleiades (EU prosjekt)	Kjernerkeft	https://pleiades-platform.eu/
Rapport	Brakerstudie som beskriver erfaringer og kunnskap relatert til praktisk bruk av RiskBIM pilot for nukleær dekommisjonering	Kjernerkeft	Rapport