



Tittel:

Pilotprosjektet Maskinlesbar V440

Undertittel:

Utvikling av ontologi for V440 Bruregistering, basert på Linkede data og Semantisk web
- Sluttrapport

Forord

Denne sluttrapporten gir et kort sammendrag av prosjektarbeidet som er gjennomført for å etablere en maskinlesbar versjon av klassifiseringssystemet definert i Statens vegvesen sin håndbok V440 Bruregistrering. Den maskinlesbare versjonen av V440 ble etablert med teknologien Lenkede data og Semantisk Web.

Prosjektet ble gjennomført i perioden desember 2018 til juli 2020.

Deltakere på prosjektet har vært :

Statens vegvesen; Elin Dalen-Rasmussen, Preben Madsen, Ingar Skogli og Bjørnar Markussen (innleid fra Aas-Jakobsen), Sigve Pettersen fra Mok-See, Lars Wikstrøm fra Triona, Alessia Bellini, Chi Ho Lau og Jan Erik Hoel (prosjektleder) fra buildingSMART Norge.

Begrepsliste

Linking Rule Sets:	Små ontologier som har som oppgave å koble klasser og egenskaper fra en ontologi til klasser og egenskaper i en annen ontologi. Ofte forkortet LRS.
Ontologi:	Ontologi er i datateknologien og informasjonsvitenskap en formell representasjon av et sett av begreper innenfor et kunnskapsområde, dvs en datamodell. Ofte forkortet OTL.
RDF:	Standardisert format for å konseptuelle datamodellering, se: https://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework
SPARQL:	Standardisert spørrespråk for data lagret på Resource Description Framework (RDF) format, se https://en.wikipedia.org/wiki/SPARQL

Innhold

1. Sammendrag	4
2. Bakgrunn for prosjektet	5
2.1. Maskinlesbar V440 – en viktig suksessfaktor for BOLC.....	5
2.2. Valg av teknologi - Lenkede data og Semantisk Web.....	5
2.3. Målsetting med prosjektet.....	5
3. Gjennomføringsprosessen.....	6
3.1. Konseptuttestingsfase - [openLAB : Hackathon].....	6
3.2. Systematiseringsfase	8
3.3. Uttestingsfase - [openLAB : Interoperate]	12
3.4. Kunnskapsspredning.....	16
4. Konklusjon	18
4.1. Integrasjon av V440 ontologiene i eksisterende programvare	18
4.2. Effekter/gevinst/mernytte	20
5. Anbefalinger, forbedringspunkter og videre arbeide.....	21
5.1. Anbefalinger	21
5.2. Forbedringspunkter og videre arbeide.....	21

1. Sammendrag

Statens vegvesen (SVV) ved utbyggingsprosjektet E39 Stord-Os, Fjordkryssing - Bjørnafjorden, har i samarbeid med buildingSMART Norge utviklet en maskinlesbar versjon av håndbok V440 Bruregistrering. Prosjektet ble innledet med en [openLAB : Hackathon] i desember 2018 og ble avsluttet med en samling 30. juni 2020, der programvareleverandørene kunne presentere hvordan de hadde integrert V440 inn i sine løsninger. Prosjektet ble finansiert av SVV.

Håndbok V440 beskriver bl.a. en klassifiseringsstruktur for hvordan bruer skal registreres og identifiseres. Denne klassifiseringsstrukturen skal danne grunnlaget for en felles definisjon av de ulike komponentene brua over Bjørnafjorden vil bestå av. Dette igjen er en viktig premiss for å kunne utvikle Bjørnafjorden Open Live Centre (BOLC) som skal bli en “dashboardløsning” som støtte- og styringsverktøy for Statens vegvesen som byggherre. BOLC skal vise status for alle aspekter ved brua i alle konstruksjonens faser: Planlegging, bygging og drift. Ulike programvaresystemer skal bidra inn med data til BOLC og det er derfor viktig med en felles forståelse av datamodellen.

Teknologien Linkede Data og Semantisk Web (LD/SW) er valgt. Dette er en moden og åpen teknologi utviklet og standardisert av W3C - World Wide Web Consortium www.w3.org, og svært godt egnet for representasjon og digital tilgjengeliggjøring av ulike datamodeller.

Etter [openLAB : Hackathon] gjennomførte prosjektet en systematisering og modelleringsfase. PDF-versjonen av håndbok V440 ble bearbeidet og først overført til lister i regneark for deretter å bli oversatt til to ontologier. Ontologiene ble publisert og programvareleverandører ble invitert med på en [OpenLAB : Interoperate] for å teste ut hvordan ontologiene kunne integreres inn i relevant programvare.

Resultatet av [OpenLAB : Interoperate] var svært positivt, der 4 programvareleverandører i løpet av relativt kort tid klarte å integrere V440 ontologiene i sine programvareløsninger og demonstrere spennende og nyttige prototyper. Prosjektet anbefaler å videreføre arbeidet med ontologier som beskrevet i avsnitt 4.

2. Bakgrunn for prosjektet

Prosjektet er initiert av Statens vegvesen (SVV) ved utbyggingsprosjektet E39 Stord-Os, Fjordkryssing - Bjørnafjorden. Prosjektet skal løse et grunnleggende behov for dette utbyggingsprosjektet, nemlig å sørge for at alle de ulike programvaresystemene som skal samvirke i utbyggingsprosjektet har en harmonisert forståelse av hvilke komponenter de ulike konstruksjonene består av. Teknologien antas også bidra til å understøtte utvikling av Digitale Tvillinger.

2.1. Maskinlesbar V440 – en viktig suksessfaktor for BOLC

Utbyggingsprosjektet for fjordkrysning av Bjørnafjorden ønsker å etablere et “dashboard” for å kunne overvåke alle prosessene i prosjektet samlet. Dette gjelder for alle faser i prosjektet fra planlegging og design, via bygging og til slutt drift og vedlikehold. Denne løsningen har fått navnet Bjørnafjorden Open Live Center også kalt BOLC.

For å få et integrasjonssystem som BOLC til å virke, så må alle systemene som er knyttet til BOLC ha en felles begrepsforståelse for alle de komponentene konstruksjonene består av. Til dette trengs det et felles klassifiseringssystem og et slik klassifiseringssystem er en viktig del av håndbok V440.

For at de ulike programvaresystemene skal kunne lese klassifiseringssystemet, må det etableres på en maskinlesbar form. Det er denne utfordringen dette prosjektet skulle løse.

2.2. Valg av teknologi - Lenkede data og Semantisk Web

Det er ulike teknologier og formater som kunne vært valgt for å etablere håndbok V440 på en maskinlesbar form. I dette prosjektet har vi valgt å benytte teknologien Lenkede Data og Semantisk Web (LD/SW). De resulterende datamodellene basert på denne teknologien, kalles ontologier eller OTL-er.

buildingSMART Norge anbefalte Statens vegvesen å benytte LD/SW teknologien i dette prosjektet fordi det er en moden og åpen teknologi utviklet og standardisert av W3C - World Wide Web Consortium www.w3.org. Teknologien benyttes allerede av flere andre industrier, bl.a. underholdningsindustrien. En del aktører i buildingSMART internasjonalt har konvertert IFC skjemaet til en OTL og ser på hvordan denne OTL-en kan benyttes i ulike sammenhenger. Teknologien er spesielt godt egnet til å representere datamodeller og klassifiseringsstrukturer.

2.3. Målsetting med prosjektet

Målsettingen med prosjektet var å utvikle og levere en fullstendig ontologi som representerer hele klassifiseringssystemet gitt i håndbok V440.

Denne ontologien skulle testes ut av aktuelle programvareleverandører gjennom en [OpenLAB : Interoperate] prosess. På denne måten ble teknologien kjent i de aktuelle utviklingsmiljøene. Samtidig fikk vi testet om teknologien enkelt lot seg integrere inn i eksisterende relevante programvaresystemer.

En annen målsetting for prosjektet var at ontologien skulle være ferdig utviklet, publisert og testet før utviklingsjobben for BOLC ble utlyst. Bjørnafjordprosjektet ønsket at V440-ontologien skulle kunne benyttes i integrasjonsarbeidet med BOLC.

3. Gjennomføringsprosessen

Utvikling av V440-ontologiene har vært en relativ lang prosess som startet med en [openLAB : Hackathon] i desember 2018 og ble avsluttet til sommeren 2020. I evalueringsprosessen etter [openLAB : Hackathon] kom det fram velbegrunnede forslag om at håndbok V440 burde tilgjengeliggjøres på maskinlesbar form basert på LD/SW-teknologi. Prosessen fram til ferdig publiserte V440-ontologier er beskrevet under.

3.1. Konseptuttestingsfase - [openLAB : Hackathon]

I desember 2018, ble det arrangert en [openLAB : Hackathon] med tittelen “Broen til et smartere samfunn”.

Dette var et arrangement der leverandører og interessenter ble invitert til å delta for å teste ut og demonstrere forskjellige teknologier og vise hvordan disse kunne benyttes for å oppnå målene som var satt for BOLC.

BOLC ble lansert som et risikoreduserende. For å oppnå dette, ble det oppgitt at det var 4 aspekter BOLC skulle understøtte:

1. HMS
2. Økonomi
3. Fremdrift
4. Kvalitet

[openLAB : hackathon] ble arrangert som en uhøytidelig konkurranse der vinnerlaget fikk en premie på 10 000,- NOK. Arrangementet var fordelt over 3 dager og ble arrangert delvis i buildingSMART sine lokaler i Oslo (MESH) og delvis som en del av Evolve Arena i forbindelse med varemessen Bygg Reis Deg på Lillestrøm.

3. desember 2018: Idesprint på MESH
5. desember 2018: [openLAB : Hackathon] på Evolve Arena
6. desember 2018: Demodag på Evolve Arena

5 team med 38 personer deltok på arrangementet. Resultatene teamene demonstrerte på demodagen, viste at det var mange spennende løsninger og muligheter i markedet.

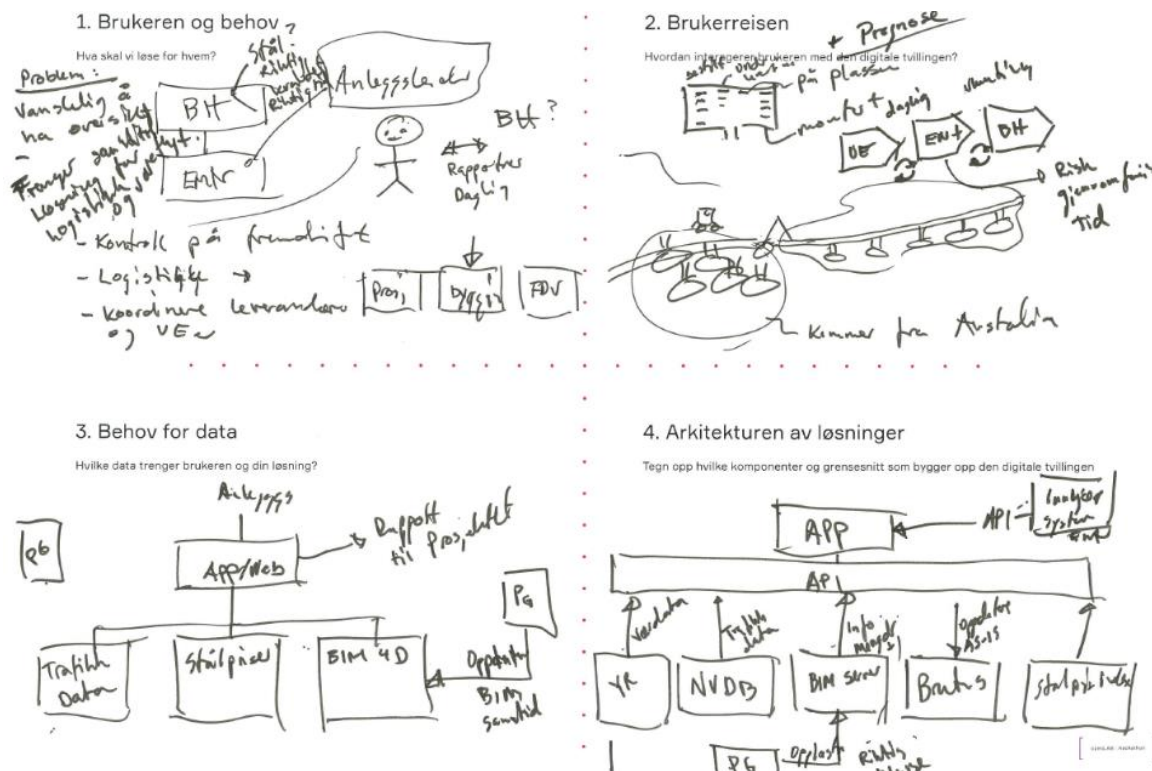


Fig. 3.1: Fra idé-sprinten på Mesh

Et team bestående av ingeniører fra Sopra Steria, EDR Medeso (nå BuildingPoint Scandinavia) og Trimble vant konkurransen. Løsningen deres var et web basert dashobord der ulike sensordata, NVDB-data osv ble vist sammen med BIM—modellen. Her er publisert løsning:

<https://bjornafjorden.z6.web.core.windows.net/index.html>

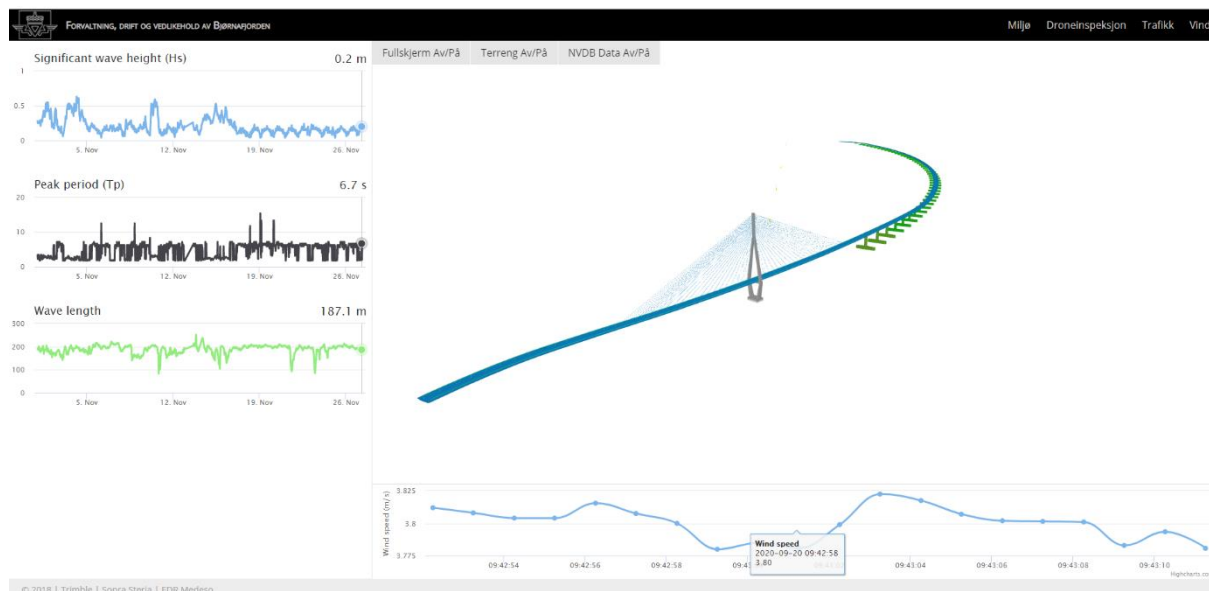


Fig. 3.2: Skjermdump fra vinnerløøsningen

Se denne videoen fra [openLAB : Hackathon] www.youtube.com/watch?v=pnprFPt8qyA&

3.2. Systematiseringsfase

En av tilbakemeldingene etter [openLAB : Hackathon], var at det hadde vært meget nyttig å få etablert en maskinlesbar V440. buildingSMART Norge (bSN) utarbeidet et prosjektforslag for dette arbeidet som ble godkjent og finansiert av Statens vegvesen.

bSN etablerte så et prosjekt-team og igangsatte arbeidet. Første fase i dette arbeidet var systematiseringsfasen. Målet med systematiseringsfasen var å flytte all informasjonen som ligger i PDF-versjonen av håndbok V440 over i en maskinlesbar ontologi.

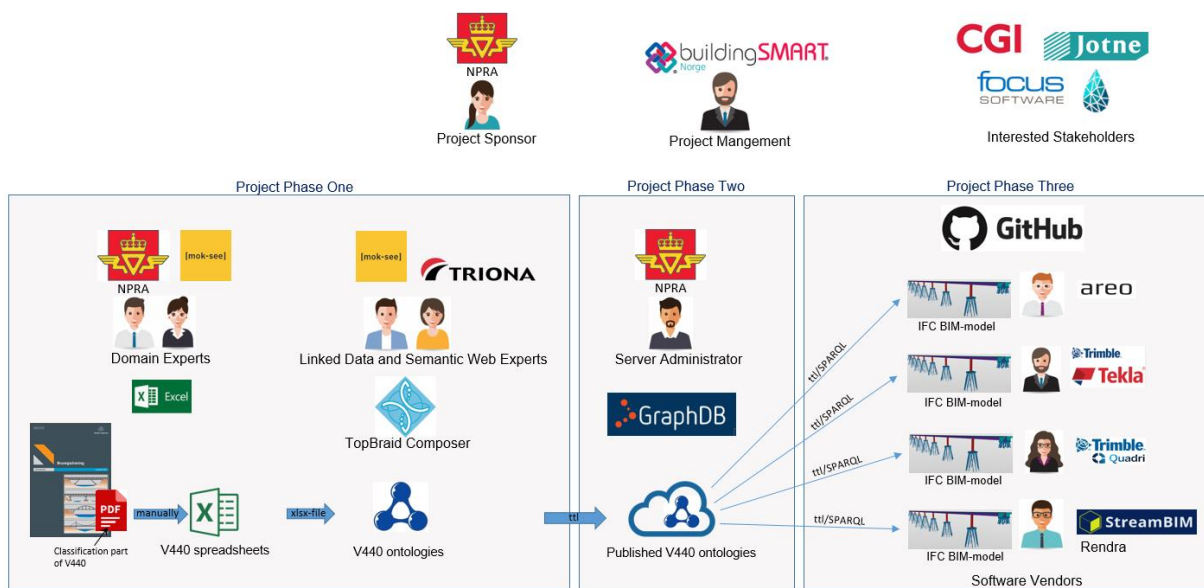


Fig. 3.3: Illustrasjon som viser de ulike prosjektfasene etter [oenLAB : Hackathon]

3.2.1. Systematisering i MS Excel

Det første steget i denne prosessen var å overføre alle listede klasser og egenskapsverdier i V440 over i et regneark som så kunne importeres videre inn i en programvare for modellering av ontologier.

De ulike tabellene og listene i V400 ble lagt inn på ulike ark i regnearket og strukturert på en slik måte at det ble enkelt for det mottakende systemet å lese dataene mer eller mindre ved direkte import.

Denne prosessen gikk over en del uker og ble i all hovedsak utført av Bjørnar Markussen.

3.2.2. Modellering av Ontologi i TopBraid Composer

Det neste steget i prosessen var å importere dataene fra MS Excel inn i en programvare for modellering av ontologier. TopBraid Composer (TBC), www.topquadrant.com/products/topbraid-composer, ble valgt som programvare for ontologimodellering.

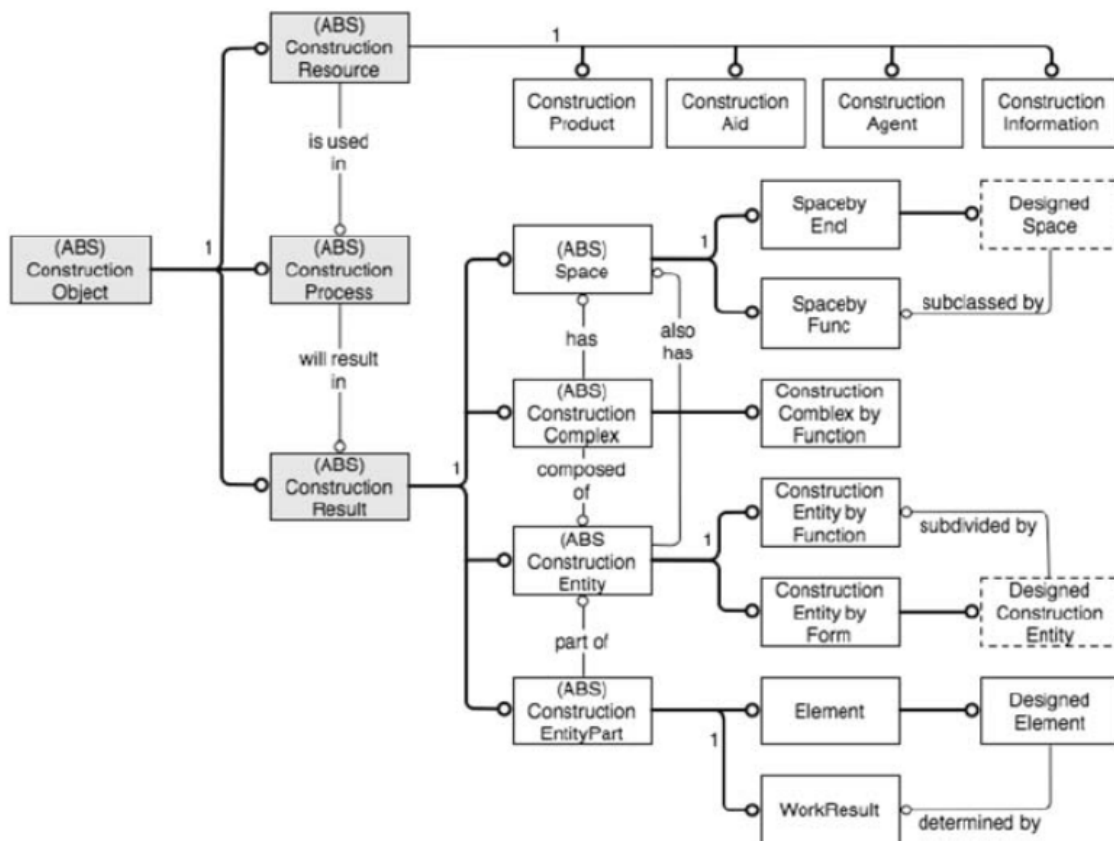
Dette ble utført som en iterativ prosess, der datastrukturen i Excel ble justert og korrigert underveis, slik at importen inn TBC skulle bli enklest mulig.

Det er mange modelleringsvalg som må gjøres når man skal transformere Excel-baserte tabeller til ontologier. LD/SW er en meget fleksible teknologi, så det må etableres noen regler for hvordan den fleksible teknologien skal benyttes for modellering av den aktuelle ontologien. For modellering av V440-ontologien, benyttet vi modelleringsstandarden som er under utvikling i arbeidsgruppen CEN/TC44: "Semantic Modelling and Linking Standard" (SMLS). Arbeidet med modellering av V440-ontologien gav også innspill tilbake til dette pågående standardiseringsarbeidet.

Bruken av SMLS sørget for at de ontologiene vi utarbeidet i dette prosjektet er i tråd med kommende standarder for modellering av ontologier innenfor vår industri. Dette vil vesentlig forenkle lesbarheten av ontologien og muligheten for å lenke disse ontologier enkelt mot andre relevante ontologier. Tilbakemeldingene våre til CEN-gruppa fra vår bruk av foreslått SMLS til praktisk implementering av en ontologi, var også verdifulle og påvirket utformingen av standarden.

I forbindelse med modelleringsarbeidet, måtte vi gjøre noen avklaringer mot den gruppa i SVV som er ansvarlig for håndbok V440 fordi denne håndboka i utgangspunktet ikke var laget med den nødvendige systematikken for direkte modellering av ontologi med en konsistent struktur.

Vi tilstrebet hele tiden å følge rammeverket for klassifisering slik det er spesifisert i ISO 12006-2 og vist i illustrasjonen under.



The ISO 12006-2 model for classification of construction products and components, after Ekholm [10]

Fig. 3.4: Illustrasjon som viser rammeverket for klassifisering slik det er beskrevet i ISO 12006-2

Modelleringsarbeidet ble utført av Lars Wikstrøm.

3.2.3. Felles samhandling ved bruk av GitHub

I systematiseringsfasen ble det opprettet en GitHub-side hvor alle datafiler ble lagt inn, i tillegg til informasjon om Bjørnafjord-prosjektet, visjonene om BOLC, beskrivelse av ontologioppbyggingen og eksempler på hvordan utviklere kan ta ontologien i bruk i sine applikasjoner.

https://github.com/buildingsmart-norway/maskinlesbar_v440.

Denne GitHub-siden var også den viktigste informasjonskilden for de aktørene som deltok på [openLAB : Interoperate].

GitHub-siden med struktur og innhold, ble etablert og bygget opp av Sigve Pettersen, Bjørnar Markussen og Lars Wikstrøm.

3.2.4. Publisering av ontologien

Da ontologien var ferdig utviklet, ble den publisert på Statens vegvesens server og gitt nettsadresser (URler) som forhåpentligvis vil være permanente.

Det viste seg hensiktsmessig å dele opp ontologien i to deler:

Del 1 – Klasser og kodelister; <http://rdf.vegdata.no/V440/v440-owl>

Denne ontologien inneholder alle brukategorier, brutyper, bruelementer og brustatuser fra kapittel 1-6 i håndbok V400.

Del 2 – Egenskapsdefinisjoner; <http://rdf.vegdata.no/V440/v440-brudata-owl>

Denne ontologien inneholder alle egenskapsdefinisjoner i h.h.t. kapittel 7 (Brudata) i V440, samt egenskapenes kobling til V440 ontologien.

I tillegg ble det laget et SPARQL endepunkt, dvs en nettadresse som kan benyttes av programvare for å utføre spørringer mot ontologiene basert på det standardiserte spørrespråket for ontologier. Se <https://en.wikipedia.org/wiki/SPARQL>.

Her er V440-endepunktet for SPARQL-spørringer:

<http://rdfspatial.vegdata.no:7200/repositories/V440>.

Publiseringsarbeidet ble foretatt av Ingar Skogli i samarbeide med Lars Wikstrøm.

Linker til den publiserte V440-ontologien er også å finne på vegvesenets oversikt over gjeldende håndbøker under fagområde for bruer:

<http://www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/bruhandboker/v440-maskinlesbar-bim>

3.3. Uttestingsfase - [openLAB : Interoperate]

Uttestingsfasen ble gjennomført over en periode på 3 måneder våren 2020.

3.3.1. Presentasjon på frokostmøte

Uttestingsfasen ble startet med et frokostmøte arrangert i Bane NOR sine lokaler i Sandvika den 5. mars 2020. På dette frokostmøtet fortalte vi om Bjørnafjord-prosjektet, BOLC-initiativet og bakgrunnen for at vi hadde utviklet en ontologi for V440. For å skape motivasjon for LD/SW teknologien, inviterte vi i tillegg inn to foredragsholdere som er ledende i Norden på ontologiutvikling og bruk av ontologier: Erik Wallin fra Vasakronan og Mads Holten Rasmussen fra Niras.

Det deltok ca. 60 personer på frokostmøtet. Vi la ut påmeldingslister for deltakelse på [openLAB : Interoperate] på frokostmøtet og 10 firma meldte seg etter hvert på.

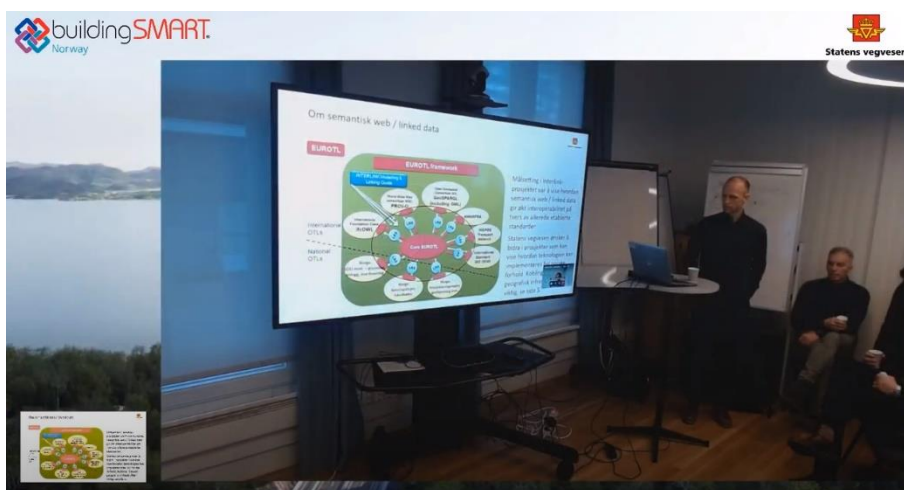


Fig. 3.5: Fra frokostmøtet

Video fra frokostmøtet: <https://youtu.be/vSesWj667Ck>

3.3.2. Uttesting programvarer

Uttestingsperioden ble utført som en "workshop" over 3 måneder. Vi startet med et oppstartsmøte der de påmeldte aktørene fikk presentere seg selv og ble introdusert for oppgaven og alt materialet vi hadde lagt ut på GitHub. De fikk i oppgave å tilgjengeliggjøre V440 klassifiseringsontologien i egen programvare, enten ved nedlastning av ontologien fra de oppgitte URI-ene eller ved spørringer mot SPARQL-endepunktet.

Vi arrangerte deretter to samlinger med en måneds mellomrom, der de deltagende firmaene kunne presentere hva de hadde utviklet til nå og diskutere problemstillinger med hverandre. De fikk også nye tilleggsoppgaver på hver samling, slik at de som var kommet lengst fikk noe å bryne seg på. Eksempler på slike tilleggsoppgaver var å etablere koblinger ("Linking rule sets") mot IFC 4.3 - ontologien, kobling mot on-line dokumentasjon og eksport av IFC-filer med klassifiserte konstruksjoner.

Møtene ble arrangert on-line pga. Corona-situasjonen. Dette viste seg å fungere fint, selv om vi antakelig hadde blitt noe bedre kjent med deltakerne dersom vi hadde kunnet møtes i det samme

rommet. Team-følelsen forsvinner noe ved bruk av on-line møter. Det er også lett for at en del blir passive i slike møter og bare følger med uten å bidra.

Etter hvert viste det seg at det var 4 firma som hadde kapasitet til å inkludere V440-ontologiene i egen programvare. Det var Areo, BuildingPoint Scandinavia (BPS), Trimble og Rendra. Areo benyttet sin forvaltningsprogramvare som heter Areo. BPS benyttet BIM-konstruksjonsprogrammet Tekla Structures. Trimble benyttet samferdselsprosjekteringssystemet Quadri, mens Rendra benyttet samhandlingsverktøyet StreamBIM.

3.3.3. Avslutningssamling

Det ble arrangert en avslutningssamling i Felix konferansesenter på Aker brygge 30. Juni. Arrangementet ble også strømmet, slik at de som ikke hadde anledning til å møte opp eller ikke ønsket det pga. smitte-situasjonen knyttet til Covid-19, kunne få med seg presentasjonene. Det var ca. 30 deltakere på arrangementet, enten i salen eller on-line.

De fire firmaene som hadde laget versjoner av egen programvare hvor V440-ontologiene var tatt i bruk, demonstrerte sine løsninger. Det var anledning for spørsmål og diskusjon. Beste løsning ble kåret av en jury. Vinneren var Areo. Premien var 10 000,- NOK.

Etter å ha sett løsningene uttalte juryen bl.a.: «En slik løsning som de viste konturene av, vil kunne forenkle arbeidsprosessene for bruforvaltere og driftspersonell. Tilstandsvurderingen vil kunne gjøres med sensorteknologi eller ute i felt med enkle applikasjoner. Rapporter og bestillinger kan produseres basert på klassifisering- og sorteringskriterier fra elementer i V440.»

Demonstrasjonene viste tydelig at det var relativt enkelt å inkludere brukklassifisering basert på håndbok V440 i løsningene. Det er selvsagt meget nyttig å kunne klassifisere de aktuelle bru-objektene fra en felles kilde som driftes og vedlikeholdes av den ansvarlige institusjonen for klassifiseringen. Dette minimerer risikoen for tvetydig klassifisering og feilkoding og sikrer dermed en konsistent klassifisert konstruksjon på tvers av programvareløsninger.

YouTube-linken under viser resultatene. I tillegg er resultatet beskrevet i pressemeldingen og nyhetsbrevet det er linket til under. Detaljer vist på prosjektets Github-side:

https://github.com/buildingsmart-norway/maskinlesbar_v440

Se også på Wiki-fanen: https://github.com/buildingsmart-norway/maskinlesbar_v440/wiki

Video fra avslutningssamlingen: <https://youtu.be/Ds3CzR7X4-c>

Pressemelding fra Statens vegvesen:

<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/statens-vegvesen-standardiserer-dataflyt-i-samferdselsprosjekter-handbok-v440-bruregistrering-er-na-blitt-maskinlesbar>

Nyhetsbrev fra buildingSMART Norge:

<https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2020-07/areo-vant-beste-losning-under-demodagen-for-statens-vegvesens-handbok-v440>

Skjermbildet under viser en klassifisert brumodell i Areo sin løsning. Denne brumodellen ble tilgjengeliggjort for deltakerne på prosjektets GitHub.

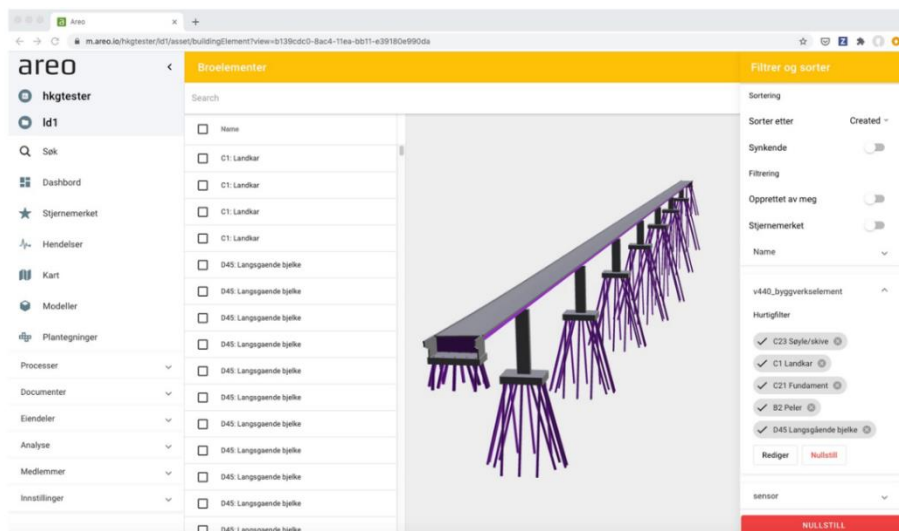


Fig. 3.6: V440-ontologien integrert i Areo sin løsning

Her ser vi en klassifisert bru i Tekla Structures. Klassifiseringen er utført ved hjelp av spørringer mot V440 SPARQL-endepunktet.

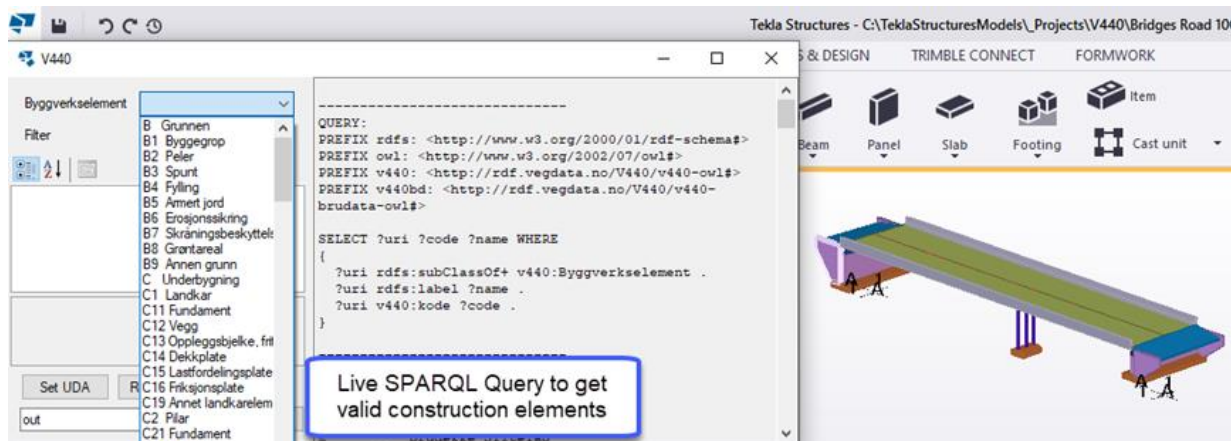


Fig. 3.7: V440-ontologien integrert i Tekla Structures - utviklet av BuildingPoint Scandinavia)

Skjermdumpet under viser V440-klassifiseringen i Rendra sin programvare StreamBIM.

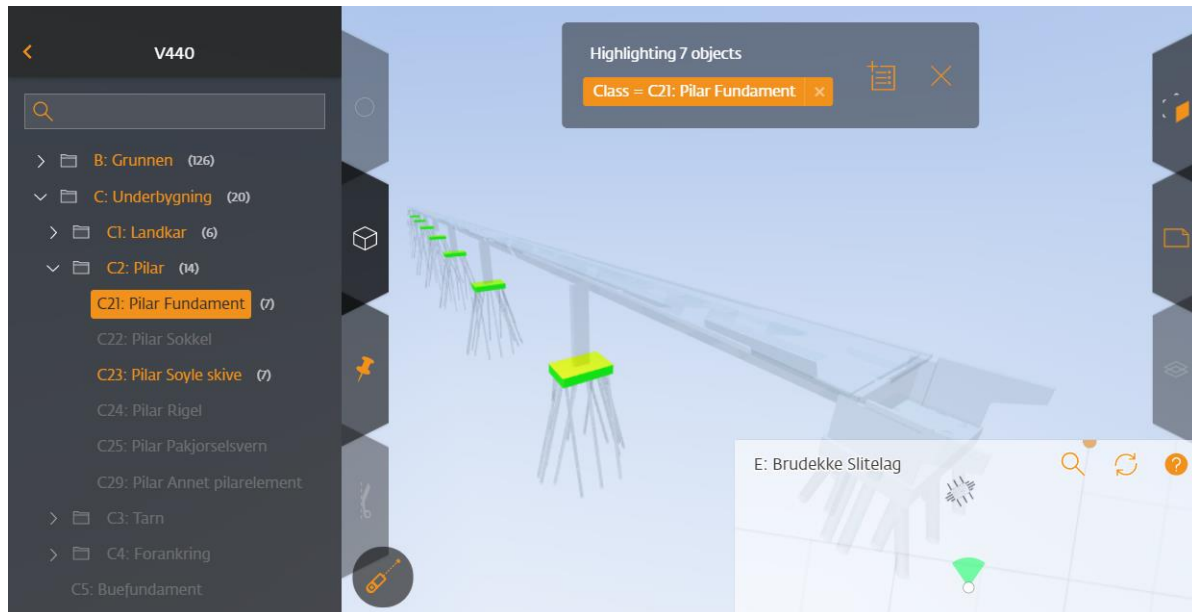


Fig. 3.8: V440-ontologien integrert i StreamBIM

Her er et skjermdump som viser hvordan klassifiseringsstrukturen for V440 er integrert inn i Quadri fra Trimble.

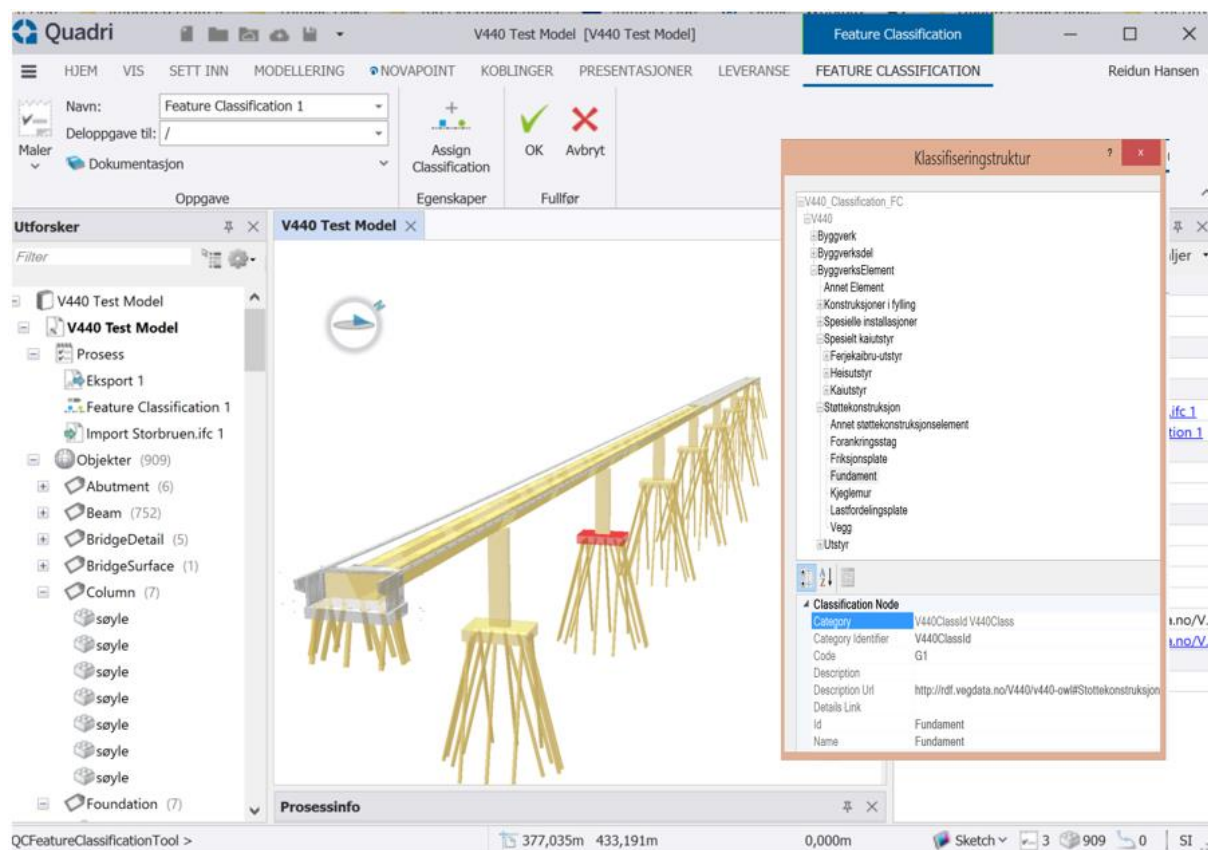


Fig. 3.9: V440-ontologien integrert i Quadri

3.4. Kunnskapsspredning

En viktig oppgave for prosjekt Maskinlesbar V440, var kunnskapsspredning om nytteverdien av LD/SW-teknologien. I tillegg til frokostmøter og avslutningsseminaret beskrevet over, gjennomførte vi flere andre kunnskapsspredningstiltak. Vi fikk også muligheten til internasjonal kunnskapsspredning under buildingSMART Internasjonal Virtual summit. Både i Statens vegvesens «booth» og som finalist i Technology-Award 2020.

3.4.1. Video som kommunikasjon

I forbindelse med prosjektgjennomføringen ble det utviklet en video for å beskrive LD/SW-teknologien og bruken av V440-ontologien på Bjørnafjord-prosjektet, se https://youtu.be/_J3dE-qj2H8

Videoen har som formål å framstille tematikken så enkelt som mulig, for å skape forståelse blant aktørene bransjen for de viktigste poengene samt skape interesse for teknologien og prosjektet.

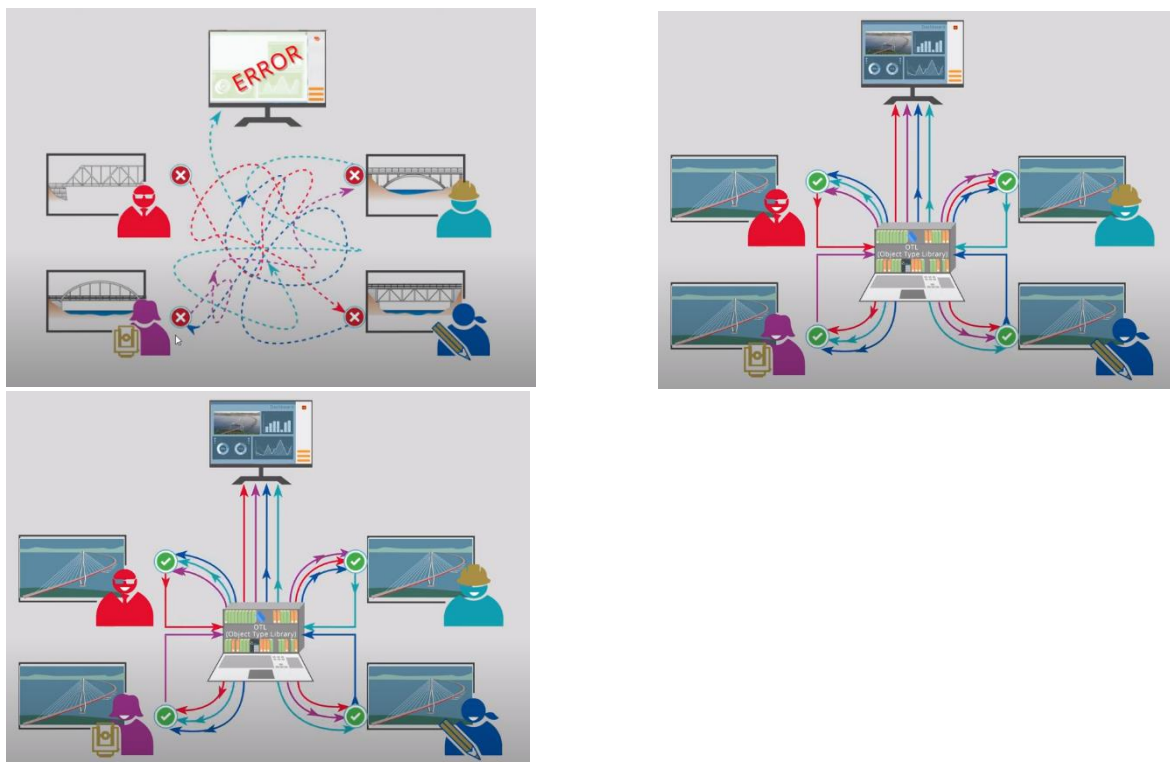


Fig. 3.10: Illustrasjoner fra videoen: Illustrasjonen til venstre viser hvordan dataflyten mellom programsystemer feiler når det ikke er en felles forståelse av de ulike komponentene i modellen, dvs mangelfull felles klassifisering. Illustrasjonen til høyre viser en vellykket dataflyt for en datamodell som er klassifisert med en felles V440 ontologi.

3.4.2. Deltakelse på seminarer

Prosjektgruppa har deltatt på flere ulike seminarer for å spre kunnskap om prosjektet og teknologien. Bla annet holdt vi foredrag på InfraBIM Open i Helsinki i februar 2020 og den internasjonale on-line konferansen LDAC (Linked Data in Architecture and Construction) konferansen i juni 2020.

3.4.3. buildingSMART Norge – Teknisk rom

Prosjektet har ved flere anledninger vært tema på møter i Teknisk Rom. Teknisk Rom er et buildingSMART Norge fora med deltagere fra både offentlig og privat sektor, representert med de viktigste aktørene innenfor bygge- og anleggsbransjen i Norge.

3.4.4. BuildingSMART International Award – 2020

Prosjektet Maskinlesbar V440 er påmeldt som kandidat i kategorien Technology til årets buildingSMART Award, og det er knyttet spenning til hvorvidt prosjektet når opp i konkurransen. Der var vi i sterk konkurranse med 5 andre deltaker. Vi vant ikke, men fikk flott anerkjennelse gjennom en egen «Client Leadership Award». Det har allerede gitt oppmerksomhet.

4. Konklusjon

4.1. Integrasjon av V440 ontologiene i eksisterende programvare

Gjennom [OpenLAB : Interoperate] viste det seg at det var relativt enkelt for programvare-leverandører å integrere V440-ontologiene i de ulike programvareløsningene. Ved å benytte den gode dokumentasjonen som var lagt ut på Wiki-siden i GitHub, fikk de i løpet av bare noen få arbeidsdager integrert ontologiene i prototype-versjoner av egen programvare.

Programvareleverandørene valgte ulike løsninger for integrasjon mot V440 ontologiene. Noen lastet ned ontologiene før de integrerte dem i egen løsning, mens andre benyttet SPARQL endepunktet.

4.1.1. Areo

Areo lastet første ned ttl-ene og lagde en hierarkisk datastruktur som ble brukt til klassifisering, men utviklet deretter live spørringer mot SPARQL endepunktet slik at de alltid fikk de seneste dataene og enklere kunne koble seg på en hvilken som helst linked-data taksonomi.

Areo støtter både import og validering av klassifisering fra klassifiserte IFC-filer, og manuell klassifisering basert på en hierarkisk "plukklister". Areo utviklet også prototyper for "halvautomatisk" klassifisering både ved bruk av linked rule sets og andre mekanismer.

Areo eksporterte klassifiserte data i API basert på IFC datamodellen i både json-basert REST API og i GraphQL API'et.

I tillegg gjorde Areo en rekke andre eksperimenter i løpet av [OpenLAB : Interoperate] perioden, blant annet:

- Integrasjon med NVDB basert på V440 SPARQL endepunktet
- Utviklet en "prototype" variant av V441 Bruinspeksjoner for å teste ut use caser der elementene var klassifisert etter V440 og tilstand var klassifisert etter V441.
- Kobling av sensorikk mot ulike bruelementer for å teste ut samspill mellom ontologier for BIM, GIS og IOT i samme domenemodell. Dataene med sanntidsstrømmer ble eksponert som egen GraphQL API i tillegg til tradisjonell REST + websocket API

4.1.2. BuildingPoint Scandinavia

BuildingPoint Scandinavia implementerte V440-ontologien i Tekla Structures ved å lage et program-tillegg som setter informasjon fra V440-ontologien direkte på objektene. De benyttet kun SPARQL-endepunktet til å lese ontologien slik at løsningen håndterte endringer i ontologien uten at ny nedlastning av ontologien var nødvendig. Tilgjengelige egenskaper og nedtrekks-lister av verdier blir dynamisk generert basert på oppdatert ontologi.

Klassifiseringen ble utført ved å velge byggverkselement-klasse i en søkbar nedtrekksliste, velge verdier for relevante egenskaper, og så klikke «sett» på et utvalg av objekter. Utvalgene for klassifisering gjøres enklere hvis modellen er systematisk satt opp.

Informasjonen i Tekla-modellen ble eksportert videre til IFC-modell der V440-dataen lå som nøkkel/verdi-par under ett IFC-egenskapssett. Objektene ble eksportert med byggverkselement-klassen som IFC-klassifisering, og med IFC-entitetstype som er definert av byggverkselement-klassen.

Det viste seg å være komplisert å dynamisk generere egenskaper basert på kontinuerlig oppdatert ontologi, fordi komplekse egenskaper i ontologien ikke passer inn i nøkkel/verdi-par. Komplekse egenskaper måtte også «flat-pakkes» for eksport til IFC-modell siden den også baserer seg på nøkkel/verdi-par. Versjonerte .ttl-filer ville vært en mer stabil løsning, og fungert på samme måte som XML-skjema. Versjonerte .ttl-filer kunne også muliggjort generering av RDF som beholder komplekse egenskaper. SPARQL kunne da heller vært brukt til å utforske og referere til ontologi-entiteter som ikke ligger i Tekla-modellen.

4.1.3. Rendra

Rendra hentet klassifikasjon som TTL-fil fra: <http://rdf.vegdata.no/V440/v440-owl.ttl>. De parset TTL-filen og brukte BuildingSmart sitt C# IFC bibliotek for å bygge en Ifc4 IfcClassification med:

- avsnitt + kode som ItemReference
- label som Name
- subClassOf som subTypeOf.

Rendra laget også brukergrensesnitt for visning og bruk av «V440 klasser» i StreamBIM.

4.1.4. Trimble

Trimble testet SPARQL-endepunktet, men fant det mest effektivt å lese hele RDF-strukturen inn i en Graph med en ttl-parser. Trimble brukte web-tjenesten Quadri Configuration for å legge til et egenskapssett til en datakatalog.

I Quadri for Windows brukte Trimble et eget verktøyet laget for å velge klassifisering og legge klassifisering på objektene. Ved IFC-eksport lå klassifiseringen med i et eget egenskapssett for hvert objekt.

Tilbakemeldingene fra utviklerne om at det var rimelig enkelt å integrere V440-ontologiene i egne programvareløsninger. Dette virker jo derfor meget lovende for den forestående utviklingen av BOLC.

4.2. Effekter/gevinst/mernytte

Med en tilgjengelig maskinlesbar håndbok V440, vil det være enklere å spesifisere, kreve og kvalitetssikre at konstruksjoner er klassifisert i henhold til V440. Dette vil være til stor hjelp i utviklingen av BOLC, men også andre vil kunne ha nytte og glede av disse ontologiene.

Bl.a. vil gruppa som håndterer Vegdirektoratets kontroll- og godkjenningsordning kunne anbefale eller kanskje t.o.m. kreve at disse ontologiene benyttes. Den maskinlesbare versjonen av V440 er nå tilgjengeliggjort på Statens vegvesen sine håndboksider for bru, se

<https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/bruhandboker/v440-maskinlesbar-bim>

Gjennom arbeidet i [OpenLAB : Interoperate] lagde Areo en meget forenklet ontologi av Håndbok V441 – Bruinspeksjoner og lenket denne sammen med ontologien for V440. Dette ble utført som en av tilleggsoppgavene vi gav de deltakerne som var kommet lengst i oppgavebesvarelsen. V441 inneholder bl.a. annet klassifisering av skadetyper.

Den interessante demoen Areo viste som synliggjorde gevinsten ved å kunne lenke sammen V440- og V441 ontologiene, gjorde at Statens vegvesen bestemte seg for å igangsette et nytt prosjekt for å få etablert en ontologi for V441 på tilsvarende måte som for V440.

5. Anbefalinger, forbedringspunkter og videre arbeide

5.1. Anbefalinger

Basert på de positive resultatene fra bransjen gjennom [OpenLAB : Interoperate] anbefaler prosjektet at ontologiene tas i praktisk bruk så raskt som mulig. Det bør imidlertid gjennomføres en ekstern kvalitetssikringsprosess av ontologiene hvis de for eksempel skal brukes i forbindelse med Vegdirektoratets godkjenningsprosesser for konstruksjoner. Vi anbefaler derfor at flere av punktene listet under punkt 5.2 gjennomføres før ontologiene implementeres for aktiv bruk.

5.2. Forbedringspunkter og videre arbeide

Prosjektarbeidet har stort sett gått som planlagt, men framdriften kunne vært bedre hvis prosjektmedarbeiderne hadde hatt en høyere allokeringsgrad på prosjektet. Det viser seg imidlertid at det er en pedagogisk utfordring å få bygg- og anleggsindustrien til å se nytteverdien av LD/SW-teknologien og bruk av ontologier.

Dog var premien for beste byggherreledelse (oppdragsledelse) i buildingSMART International Award et tydelig svar på at bruk av standardiserte datamodeller som dokumentasjonskrav i prosjektleveranser er etterlenget. Dette fikk vi mange tilbakemeldinger på fra andre byggherrer under Award-seremonien.

V440-ontologien kan ses på som plukklister av krav til informasjonsmodeller; “se her, bruk denne modellen”, og må sees på som et supplement øvrig standardiseringsarbeid i Statens vegvesen

Nedenfor har vi listet en del forbedringspunkter/ videre arbeidsoppgaver:

Tiltak	Begrunnelse	Fallgruve
Økt innsats for kunnskapsspredning	Det er generelt lavt kunnskapsnivå innenfor bygg- og anlegg om LD/SW teknologien og dens fordeler. For å sikre at denne smarte og åpne teknologien får sin fortjente plass i vår bransje, så må informasjonen spres til interessenter og beslutningstakere	Dersom ikke kunnskapen om LD/SW teknologien og dens fordeler blir formidlet med nok styrke og intensitet, vil antakelig ikke denne teknologien få sin fortjente plass i de framtidige dataløsningene innenfor bygg- og anlegg
Utarbeidet enkelt tilgjengelig undervisningsmateriale om teknologien. Denne rapporten må ses på som et innspill til kunnskap om teknologien.	LD/SW er en teknologi som ikke er så lett tilgjengelig for folk som ikke programmerer til daglig. Det er en del nye begrep og teknologier som må forstås for å kunne se hvor elegant denne teknologien løser en del utfordringer innenfor vår industri. Det er derfor viktig å lage tilpasset undervisningsmateriale for å nå de aktuelle beslutningstakerne og framtidige brukere.	Dersom det ikke er pedagogisk tilpasset undervisningsmateriale tilgjengelig, vil formidlingsjobben bli vesentlig tyngre og antakelig vil LD/SW-teknologien ikke bli tatt i bruk i så stort omfang som den fortjener.
Ontologiene må flyttes over på en permanent forvaltningsplattform,	Ontologiene er i dag publisert på en server hos Svv som ikke har den nødvendige driftsovervåking som er	Hvis ikke ontologiene bli forvaltet på en profesjonell måte, vil kvaliteten på innholdet og stabiliteten av løsningen

der de kan vedlikeholdes og driftes med profesjonell overvåkning	<p>nødvendig for en datakilde som skal være tilgjengelig så nær opp mot 100% som mulig.</p> <p>Statens vegvesen bør avsette dedikerte ressurser som ivaretar ontologiene både i forhold til innhold og teknologi.</p> <p>Det bør dannes en forvaltningsgruppe som består av ressurser som minst har følgende kunnskap:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kunnskap om den tekniske delen av forvaltningen (server adm.) • Kunnskap om LD/SW-teknologien med tilhørende formater • Kunnskap om de håndbøkene som det er laget ontologier av <p>Denne gruppa må lage en plan for teknisk forvaltning, revisjon og kvalitetssikring av innholdet i ontologiene og evt. videre arbeide med utvikling av nye ontologier. Planen må så iverksettes og gjennomføres.</p>	etter hvert forringes og brukerne vil miste tiltro til tjenesten.
Kvalitetssikring av ontologiene	<p>Ontologiene må kvalitetssikres av ressurspersoner som kjenner V440 godt, slik at vi sikrer at ontologiene ikke inneholder misforståelser og feiltolkninger av håndboken.</p> <p>Det er planlagt en revisjon av håndbok V440. V440 ontologiene må revideres tilsvarende når "papir" versjonen av håndbok V440 er revidert.</p>	Hvis ontologiene inneholder feil og mangler og ikke til enhver tid er oppdatert i h.h.t. siste versjon av håndboken, så vil brukerne raskt miste tiltro til løsningen.
Linking mot on-line illustrasjoner og forklaringer	<p>Det bør etableres linker i V440 ontologiene som kobler mot illustrasjoner og forklaringer i V440 håndboken. Disse illustrasjonene og forklaringene må legges ut på nettet slik at de enkelt kan linkes til. Effekten av dette vil være at man</p>	Dersom dette ikke gjennomføres, vil man gå glipp av en av de fine aspektene ved LD/SW-teknologien. Programvare som linker mot ontologiene får ikke bare data som kan benyttes i forretningslogikken i løsningene, men programvaren får også tekst og

	også kan linke dokumentasjon av V440 direkte inn i programvarer eller tjenester som nyttiggjør seg av V440.	illustrasjoner som kan brukes for å forbedre brukeropplevelsen i løsningen.
Linking til andre ontologier	<p>Det vil være veldig nyttig å etablere og publisere linker mot andre relevante ontologier, såkalte "Linking rule sets" (LRS), slik at programvare kan lese disse linkene og dermed kunne resonere og koble ulike systemer sammen.</p> <p>Eksempler på slike ontologier kan være en NVDB-ontologi, IFC 4.3 ontologien, V441-ontologien og evt. ontologier som etableres fra UML-modellene i VU-053 prosjektet</p>	<p>Dersom slike LRS ikke etableres, får man ikke utnyttet det fulle potensialet i LD/SW teknologien. Et av de virkelig kraftfulle aspektene ved denne teknologien er nettopp å kunne lenke sammen ulike relaterte domener på en smart måte og benytte det totale relevante sammenlenkede datagrunnlaget i de ulike programvareløsningene.</p> <p>Ontologiene kan lenkes sammen på ulike måter ved å benytte ulike LRS'er for å støtte forskjellige behov i de aktuelle programvareløsningene.</p>
Utvikle ontologi for V441	<p>Håndbok V440 er tett koblet til Håndbok V441. V441 inneholder bl.a. klassifisering av ulike skader som kan forekomme på konstruksjoner.</p> <p>Som beskrevet i avsnittet over, ble det gjennom [OpenLAB : Interoperate] prosessen avdekket behovet for en V441 ontologi.</p> <p>Det er planlagt et nytt prosjekt med oppstart i september 2020 knyttet til utvikling og etablering av en ontologi for V441, tilsvarende som for V440.</p> <p>Dette prosjektet vil følge den samme prosessen for systematisering, modellering, publisering og uttesting som dette prosjektet benyttet,</p>	Hvis ikke V441-ontologien blir etablert, vil ikke det fulle potensialet ved bruk av LD/SW-teknologi for klassifisering av konstruksjoner i h.h.t. Svv sine håndbøker kunne bli realisert.
Håndtere gjenstående aksjonspunkter fra utviklingen	I GitHub er det lagt inn en del mulige forbedringer. De er logget som aksjonspunkter ("issues"). Disse aksjonspunktene bør adresseres, vurderes og lukkes før den endelig publiseringen av ontologien.	#2 Gjennomgang av lenker i dokumentasjonen. Dette punktet kan antakelig lukkes. Eventuelt bør all dokumentasjon gjennomgås for å sjekke at det ikke er døde/gale lenker.

		<p>#13 : "Livssykelhåndtering" av ontologien. Ta fram et bra regime for å håndtere endringer av ontologien over tid.</p> <p>#14 : Koble ontologien mot den digitale håndboken for å kunne gjøre direkte oppslag fra applikasjoner og dermed gi brukeren bedre veiledning. Dette er gjort for et eksempel i ontologien. Det samme prinsippet kan benyttes over alt.</p> <p>#19 : Dette aksjonspunktet er mer en diskusjon. Diskusjonen handler om det skal være mulig å lese data fra egenskapssett med SPARQL også for IFC OWL. Konklusjonen på denne diskusjonen kan evt. skrives ned et annet sted.</p> <p>#21 : Nederste nivå av byggverkselement må gjennomgås. Flere av disse har relasjoner som "type av", dvs subklasser. Egentligen burde de nok være "del av" i stedet. Som eksempel har vi Landkar_Dekkeplate som er modellert som en subklasse til Landkar som semantisk betyr at dekkeplate er en type av landkar. Dette skulle kunna forårsake feil ved mengdeberegning f.eks.. Vi kan sammenligne med tilfellet "Hjul" og "Bil". En bil består typisk av fire hjul, men hjul er ikke biler. Om vi vil telle antall biler, så kan vi ikke direkte telle alle hjul.</p> <p>#22 : Håndtering av kodelister i h.h.t. SMLS-standard. owl:oneOf bør legges til for disse. Dette er gjort for kodelister i V441-ontologien, men ikke for V440-ontologien. Det ligger et eksempel i dette aksjonspunktet i GitHub.</p> <p>#24 : Det bør besluttes om det skal modelleres en koblingsontologi mellom V440 og V770.</p>
--	--	---