



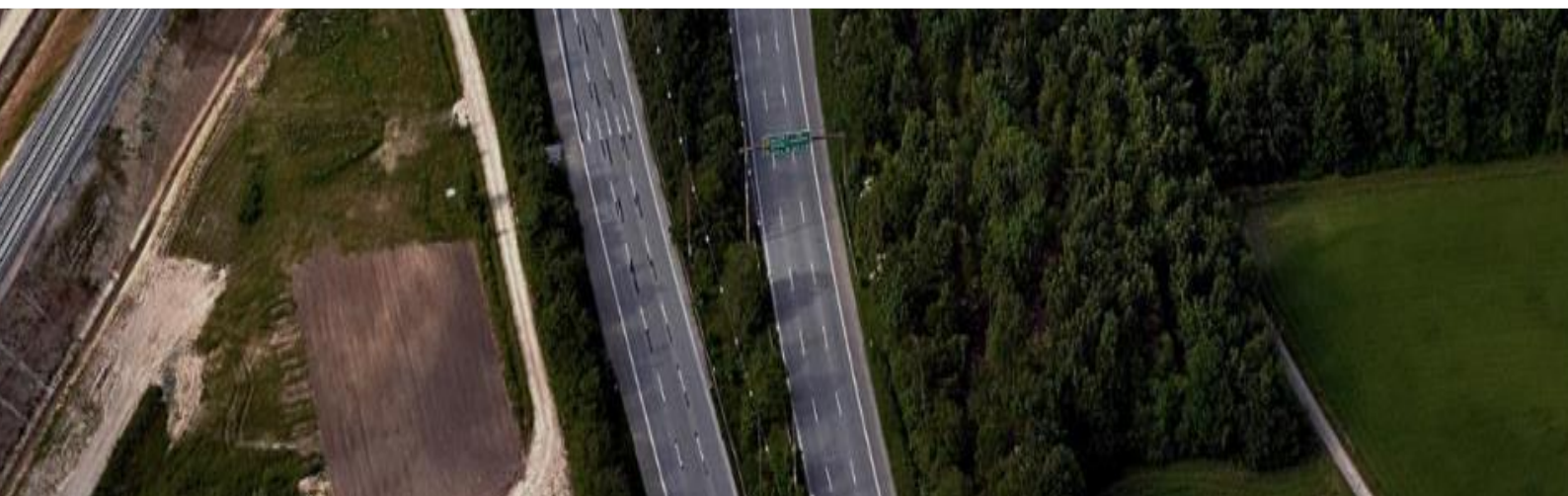
Renovering af bro nr. 21144

Et testprojekt

Februar 2020

Gita Mohshizadeh Banedanmark og Alexander Skødt Bennedsen SWECO

BIM
INFRA.DK



Version 0.1

Revideret
13-02-2020

Revideret af
Alexander Bennedsen

Godkendt
13-02-2020

www.biminfra.dk

Filnavn
biminfra_testprojekt_bro.d

Godkendt af
GIMO

1	Revisionslog	4
2	Resume	5
3	Projektets forløb	6
3.1	Anvendelse af drone.....	6
3.2	Databehandlingen og reality-model	6
3.3	Samarbejdsmodel	7
3.4	Anvendelse af tablets	8
3.5	Tidsomfang og omkostninger:	9
4	Perspektivering	9
5	Anbefalinger	10

1 Revisionslog

Revision	Indhold	Dato
0.1	Første foreløbige udgave	30.01.2020
0.2	Uddybelse og integration af andre artikler	12.02.2020

2 Resume

Denne rapport beskriver rammer, forløb og resultat af testprojektet, som blev gennemført for at afprøve anvendelse af digitalisering på mindre brorenoverings projekter. Formålet er at løfte digitaliseringsniveau for mindre renoveringsprojekter og muliggøre implementering af et bredt BIM-fundament. Testen er gennemført i et samarbejde mellem Banedanmark og SWECO på den sporbærende bro nr. 21144 i strækningen Hobro-Aalborg. Broen er en del af en bropakke, der skal udføres i forbindelse med sporfornyelses projektet. Udbud af bropakken blev udskudt til 2020 hvorfor resultat af testen dækker kun projekteringsfasen. Der er dog påpeget potentiale ved brug af metoden ved udbud, under anlæg og ved drift.

I forbindelse med testprojektet er der afholdt møder med projektorganisationen og Banedanmarks Infrastruktur – broer, for at afklare mulighederne og involvere de relevante parter fra starten. Særlige forhold om testprojektet er beskrevet nærmere i IKT specifikationen, som er en del af udbudsmaterialet for den samlede udbudspakke.

Budskabet fra en brancheworkshop udført af BIMInfra.dk i december 2018 var at udarbejde en digital samarbejdsmodel ved brug af "reality-modeling" og linke relevante udbudsmateriale til modellen og bruge det som udbudsgrundlag. Metoden, som også kaldes fotogrammetri, går ud på at danne en computer genereret 3D overflademodel ud fra billeder, med tilstrækkeligt overlap (ca. 80%). Sammenlignet med traditionel terrestrisk opmåling har metoden markant bedre kvalitet, samt anvendelsesmulighederne i efterfølgende faser er større.

Resultaterne viste store fordele under projektering på følgende områder:

- Bedre kvalitet af opmålingen og registrering
- Opmåling og registrering af broen uden behov for sporspærringer
- Bedre visuelt grundlag for kommunikation mellem projektdeltagere

Følgende potentialer kan påpeges ved udbud og udførelse:

- Bedre overblik over relevante udbudsdokumenter
- Bedre overblik over projektets omfang
- Bedre overblik over det omgivende anlæg

Følgende potentialer kan påpeges ved aflevering og efterfølgende drift:

- Bedre dokumentation af det udførte arbejde
- Mulighed for sammenligning af før og efter situation
- Ved brug af metoden ved årlige eftersyn kan modellen opdateres løbende og vise den aktuelle tilstand løbende

3 Projektets forløb

I de følgende afsnit vil projektets forløb blive uddybet. Testprojektet blev udført fra april 2019 til februar 2020, med følgende fokus:

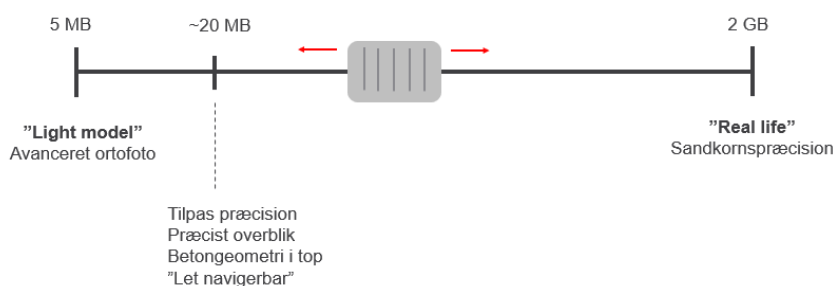
- April-maj 2019: Udvælgelse og planlægning af testforløb, integration af drift og softwareundersøgelser
- Juli-August 2019: Dronetilladelser, flyvning og databehandling
- September 2019: Integration i bropakkens udbudsmateriale
- November 2019: Præsentation BIM Infra.dk dialogmøder
- Januar/Februar 2020: Afrapportering til BIM Infra.dk

3.1 Anvendelse af drone

Broen der blev udvalgt til testprojektet var en jernbaneoverføring af markvej udenfor beboelse. Selvom projekt havde fokus på kantebjælkeudskiftningen var en helhedsmodel af broen samt dets umiddelbare omgivelser et krav for modellens omfang, for at sikre anvendelse i alle faser af projektet og til fremtidig datagenanvendelse. Billeder af banelegemet over broen var derfor nødvendigt. Ved brug af drone til billedtagningen var det muligt at overholde respektafstanden til banen i drift (15m horisontalt og 25m vertikalt). Dette gjorde det muligt ikke at have SR-leder på stedet eller planlægning af evt. sporspæringer. Afstanden til jorden er fleksibel og ikke et problem så længe der vælges høj nok kvalitet af dronens kamera og tilstrækkeligt med overlap mellem billederne, overholdes (80% overlap). Modellen er målfast og lige så præcis som en traditionel opmåling, så længe mindst 3 fikspunkter/GCP (Ground Control Points) indmåles.

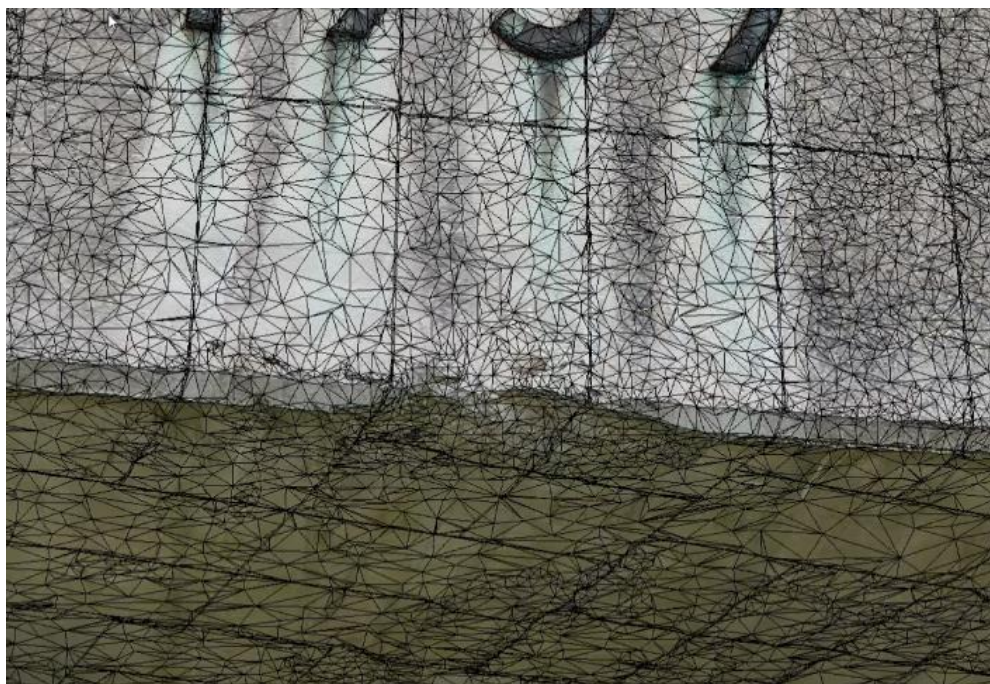
3.2 Databehandlingen og reality-model

Til databehandlingen blev ContextCapture fra Bentley brugt. Programmet ligger i den dyre ende sammenlignet med konkurrerende programmer, men rammer til gengæld bedre eksisterende programportefølje i Banedanmark. Modellen kan refereres direkte ind i Microstation eller andre Bentleyværktøjer. Kvaliteten af reality-modellen virker som udgangspunkt meget præcis, men afhænger meget af metoden for billedtagningen og herunder antallet af GCP. Softwaren laver størstedelen af arbejdet selv, hvorfor korrekte indstillinger og valgt metode er det afgørende når det kommer til kvaliteten. Hvis dette overholdes, er præcisionen vurderet til at være mindst lige så god som traditionel terrestrisk opmåling. Ydermere, er anvendelsen afgørende for størrelsen af modellen samt tilpas præcision. Figur 1 illustrere valgt præcision samt grænseværdier.



Figur 1 - Valgt præcision af reality-modellen

En stor fordel ved reality-modellen ligger i at omkringliggende geometri også er vist og det er tydeligt hvad som findes i virkeligheden, som ofte ikke indgår i traditionel opmåling. Det er altså en værdifuld ekstrainformation der kommer med "gratis" som reducerer risikoen for at lave ekstraopmålinger betydeligt samt minimerer risikoen for fejlprojektering. Alt kommer med, også betonskader, revner, reparationer osv. Det hele samles i et mesh sammen med billederne. Se Figur 2 for eksempel.



Figur 2 - Betonskade af underside brodæk vist via trianguleret overflade

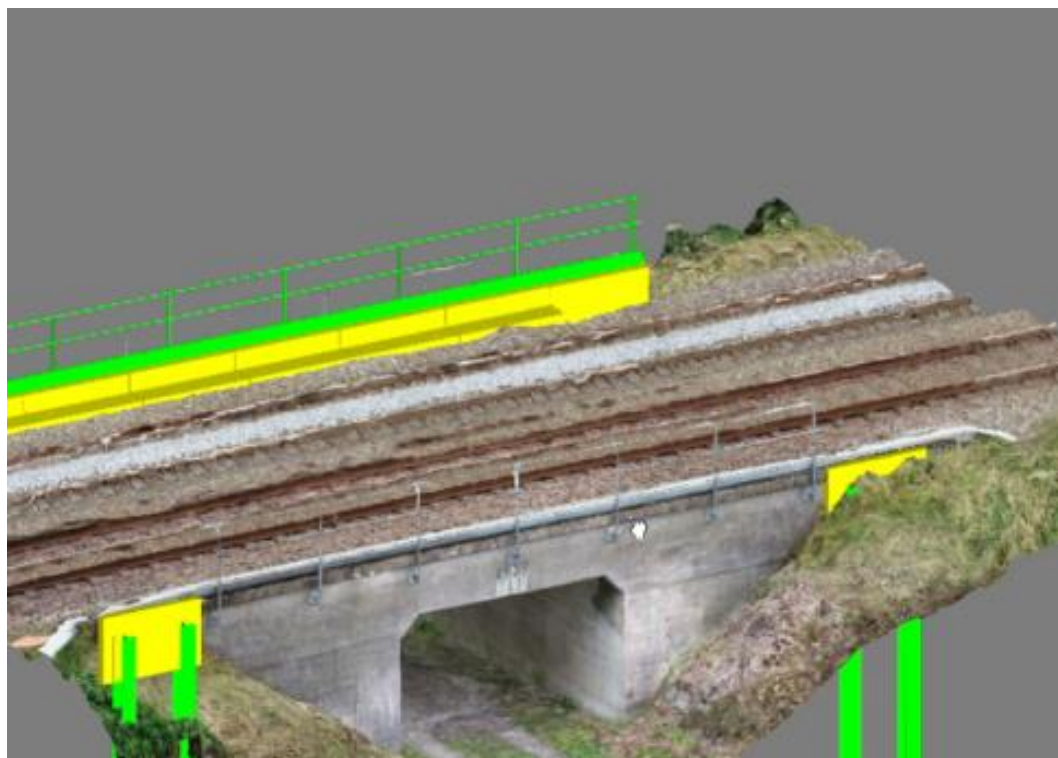
Hvis der skulle være brug for tilføjelse af ekstra billeder, eller opdaterede, er det en relativ nem operation i databehandlingen, da samme setup typisk ville kunne genbruges og kun er et spørgsmål om computerkraft før opdateret model er tilgængeligt.

Sammenlignet med terrestrisk opmåling er datamængden til udarbejdelsen af reality-modeller markant større og kræver derfor mere dataplads og processor-kraft. Alt efter omfang kræver dette en anden type computer eller cloud-løsning, hvis tiden for databehandlingen skal nedsættes. Dog er det ikke en nødvendighed da databehandlingen største delen af tiden kører automatisk.

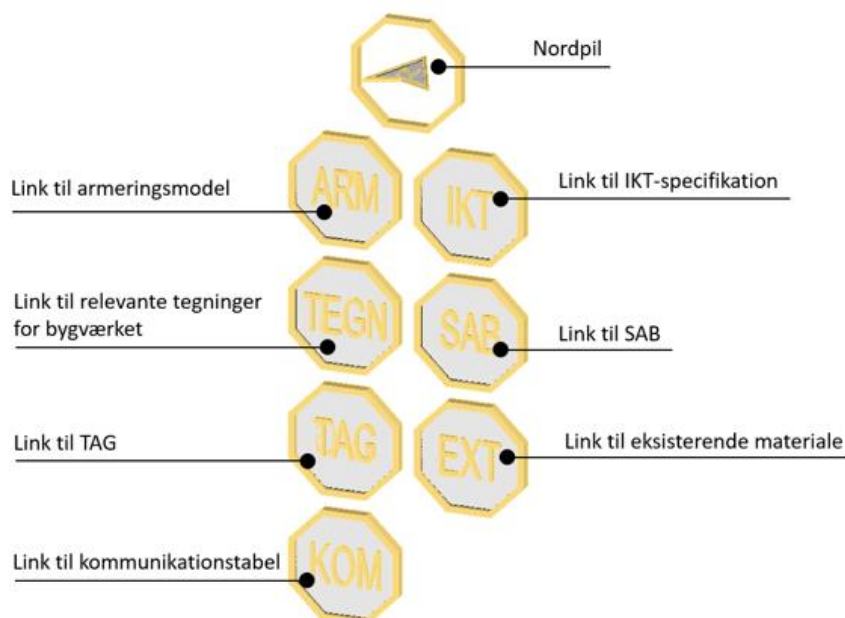
3.3 Samarbejdsmodel

For at lave en samlet model, blev den geometriske model fra projekteringen, indeholdende 3D solide objekter i DGN format, sammensat med realitymodellen i samme software miljø i globale koordinater. Flere software kan klare denne sammensætning, men i testprojektet blev Bentley Microstation V8i og Connect udgaverne anvendt. Se Figur 3 for illustration af realitymodellen sammen med solid objekterne. Ud over de geometriske modeller indeholder samarbejdsmodellen også links til de øvrige informationer, der ikke nødvendigvis har et geometrisk format. Se Figur 4 for links valgt i testprojektet. På denne

måde kan man danne en samarbejdsmodel, som samler de relevante informationer om modellen ét sted. Det giver et overblik uden at modellen bliver vanskelig at håndtere.



Figur 3 - Reality model sammen med projekteret model (lysegrøn og gul)



Figur 4 - InfoArmationsobjekter med link til anden information

3.4 Anvendelse af tablets

Der var i testprojektet lagt op til anvendelse af reality-modellen i marken på tablets. Der var lagt op til arbejdsgangen ContextCapture→Microstation→BentleyNavigator (tablet), hvor slutformat var en iModel. Dog var en kombination af forskellige software- og iModel-

versioner ikke mulig på daværende tidspunkt. Det blev derfor besluttet at tage denne del ud af testprojektet og kun gå videre med computerversionen.

3.5 Tidsomfang og omkostninger:

Selvom der er kvalitetsforskel mellem reality-modellen og terrestrisk opmåling er omkostningerne stor set det samme, da tidsaspektet ligner meget hinanden. Tabel 1 summere estimeret tidsforbrug for metoden.

Tabel 1 - Tidsestimat for metode

Aktiviteter	Tidsforbrug
Tilladelser og ansøgninger	1,5 timer
Planlægning og flyvning	2-5 timer
Databehandling	1,5 timer

Tidsforbruget for traditionel terrestrisk opmåling ville ligge i nogenlunde samme omfang. Alt efter kompleksiteten og omfanget af det som skal opmåles, vil planlægningen og flyvningen tage lidt længere tid. Dog ville det i praksis ligge indenfor én dags arbejde totalt, hvorfor der ikke er tale om besparelser i denne fase ved ét bygværk. Besparelsen ligger i at risikoen for at skulle derud igen reduceres samt at det digitale grundlag for efterfølgende faser er markant bedre.

Udstyret til brug ved databehandling og dronflyvning kan, sammenlignet med udstyr til terrestrisk opmåling, have en større omkostning ved indkøb alt efter omfang. Dog til denne størrelse af bygværk er der ikke umiddelbart tale om meromkostninger.

4 Perspektivering

Metoden har mange aspekter i sig som ikke blev testet i denne omgang, men ville give fordele fremadrettet for branchen at få testet. Her et par perspektiver:

- Bygværket som blev valgt til testprojektet, havde ikke de store komplekse former. Metoden har potentiale for at kunne klare ganske avancerede geometrier samt områder med svær tilgængelighed. → Metoden burde testes på andre typer af konstruktioner og i andre omgivelser for at finde grænserne for anvendelsen.
- I forbindelse med opstart af projekter gennemgås strækninger fysisk og typisk af mange forskellige interessenter. Der er derfor potentiale for at spare denne besigtigelse væk, hvis det var muligt at gøre det digital på et kontor i stedet. → Test af "digital besigtigelse" ville kunne give yderligere en anvendelsesmulighed samt bidrage til afgrænsningerne for metoden.
- Der findes mange værktøjer der ud fra billeder kan vurdere omfang af fx. revnedannelse og andre potentielle renoveringsaktiviteter. Reality-modellen kunne derfor med fordel anvendes som eftersynsmateriale. → En analyse af hvad effekten af at have mange reality-modeller på sigt kunne bidrage til i et drift- og vedligeholdelsesøjemed. Inddragelse af værktøjer med machine-learning egenskaber kunne være relevante.

5 anbefalinger

Grundet størrelsen og omfanget af testprojektet anbefales det at ovenstående punkter i perspektivering indtænkes i evt. nye testprojekter.

Testprojektet nåede kun indledende møder med driften i Banedanmark, hvorfor et lignende testprojekt hvor alle fasers interessenter kom omkring metoden ville kunne give et bedre overblik over evt. mangler og justeringer i metoden. På samme vis ville input fra entreprenørens anvendelsesmuligheder i planlægning- og udførelsesfasen stille krav til hvad modellen yderligere skal indeholde på sigt.