



AALBORG UNIVERSITET

Tværfaglig udnyttelse af bygningsdata hos redningsberedskabet

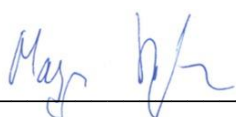
Kandidatspeciale i bygningsinformatik

Magnus Mejlholm Harlyk

Kasper Mejer Andersen

Titelblad

Titel: Tværfaglig udnyttelse af bygningsdata hos redningsberedskabet
Semester: 4. semester
Semestertema: Kandidatspeciale
Projektperiode: 01.09.2018 - 10.01.2019
ECTS: 30 ECTS-point
Vejleder: Kjeld Svidt



Magnus Mejlholm Harlyk



Kasper Mejer Andersen

Oplag: Digitalt
Antal sider: 106 sider
Antal sider appendiks og bilag: 51 sider – samlet i et separat dokument.

Denne opgave er udarbejdet af gruppens medlemmer. Opgaven er udtryk for de studerendes egne synspunkter, der ikke nødvendigvis deles af Universitetet. Kopiering eller anden gengivelse af opgaven eller dele af den er kun tilladt med forfatterernes tilladelse.

Forord

Denne projektrapport er lavet som kandidatspeciale på cand.tech. i Bygningsinformatik ved Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet af en projektgruppe bestående af to personer i perioden 1. september 2018 til 10. januar 2019.

Under udarbejdelsen af kandidatspecialet har forskellige interessenter været inddraget i form af interviews, workshops og lignede. Der skal i denne forbindelse gives en stor tak til de involverede eksterne parter.

Læsevejledning

Dette projekt består af to hovedelementer: nærværende projektrapport samt en appendiks- og bilagsrapport i en ZIP-mappe. Projektets løsningsforslag er desuden i denne ZIP-mappe. Referater fra interviews og workshops fremgår ikke af appendiks- og bilagsrapporten grundet fortrolighed.

Projektrapporten er opdelt i fire hovedafsnit (kaldet *dele* i rapporten). Hvert hovedafsnit præsenteres indledningsvis med en præsentation af afsnittets indhold. Præsentationen er baseret på nedenstående illustration.



Illustration af de rapportens emner.

Afsnit i projektrapporten er kronologisk nummereret med nummererede underafsnit. Afsnit 3 og 4 kan læses i vilkårlig rækkefølge. I afsnittet *Referencer* fremgår en samlet figur- og tabelliste. De fleste figurer i rapporten er udarbejdet på en sådan måde, at der ved læsning af en digital udgave kan zoomes i disse. Indeholder figurteksten ingen kildeangivelse, er figuren udarbejdet i forbindelse med dette projekt. Kilder er angivet efter APA-metoden og er oplistet alfabetisk i afsnittet *Referencer*. Krydsreferencer til afsnit, figurer og appendikser fungerer som hyperlinks og ser således ud:

afsnit 1.1.1 figur 1-1 appendiks 1

Læses rapporten i PDF-format, kan tastaturgenvejen **ALT + venstre pil** flytte læseren tilbage til startpunktet for krydsreferencen. Dette er testet i Adobe Reader DC og Adobe Acrobat X.

Løbende gennem rapporten er der henvist til interviews og workshops – disse henviser til hhv. appendiks 1 (interview med en medarbejder fra Beredskab Øst), appendiks 2 (workshop med medarbejdere fra Nordjylland Beredskab), appendiks 3 (interview med beredskabschefen fra Nordjyllands Beredskab) samt appendiks 4 (opfølgende workshop med medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab).

Resumé

Denne rapport undersøger potentialet for dataudveksling på tværs af afdelinger i de kommunale redningsberedskaber med udgangspunkt i udnyttelse af BIM-modellers data til videreformidling via en GIS-baseret platform.

Beredskabernes interesseorganisation Danske Beredskaber har siden 2017 arbejdet med udvikling af Danske Beredskabers Grunddatamodel i forsøget på at opnå en ensretning af dataudveksling mellem de kommunale beredskaber via en GIS-baseret platform. Denne rapport er tilblevet ud fra et vurderet potentiale for anvendelse af BIM-bygningsmodellers informationer i denne GIS-platform. I rapporten antages, at de kommunale redningsberedskaber modtager BIM-modeller i det åbne IFC-format ved brandteknisk byggesagsbehandling.

Rapporten er baseret på Contextual Design-metoden som den centrale metode til dataindsamling af kravspecifikationer fra brugergruppen, konsolidering af indsamlet data, udvikling af en prototype, som adresserer dele af brugernes krav, samt test og feedback hos brugergruppen. Der er gennem udarbejdelsen af dette projekt blevet udviklet en prototype af en GIS-platform (et løsningsforslag), som kan fungere som basis for dataudvekslingen: løsningsforslaget består af et GIS-projekt til strukturering af data samt et Python-script til at eksportere data fra IFC-filer til GIS-projektet. Brugergruppen har udtrykt ønske om let tilgængelighed af GIS-plattformens informationer ved operative indsatser (udrykning til hændelser), hvorfor potentialet for, og risiciene ved, publicering af GIS-plattformen til en ekstern server undersøges.

Det vurderes, at BIM-modellerne indeholder en række informationer, som kan udnyttes ved operative indsatser. Kombineret med diverse andre interne og eksterne ressourcer kan GIS-plattformen være en værdiskabende vidensdatabase for beredskabet.

Abstract

This report examines the potential for the exchange of data across the different departments of the Danish municipal emergency services based on utilizing data from BIM models to be shared via a GIS based platform.

Danske Beredskaber, an interest group for the Danish municipal emergency services, has since 2017 been developing *Danske Beredskabers Grunddatamodel* in an attempt simplify and unify data exchange across the municipal emergency services through a GIS based platform. This report is based on an assessed potential for utilizing data from BIM models in this GIS platform. It is assumed that the emergency services receive BIM models in the open format IFC during their work with fire safety-related building application processing.

The report is based on the Contextual Design methodology as the central process of data acquisition of requirement specifications from the users, consolidation of collected data, development of a prototype addressing the users' requirements, as well as testing and feedback sessions with the users. A part of the project has centered around the development of a prototype of a GIS based platform that can facilitate the data exchange: the platform consists of a GIS project for structuring the necessary information and a Python script for exporting data from IFC-files to the GIS project. The users have explicitly expressed requirements relating to the availability of the GIS platform's information during the response phase of emergencies. Therefore, the potential, and risks, of publishing the GIS platform to an external server is examined.

It is assumed that BIM models contain a large range of information to be utilized during the response phase of emergencies. In combination with additional internal and external resources the GIS based platform can be a valuable knowledge database for the emergency services.

Indholdsfortegnelse

Del I – Introduktion	9
1 Indledning.....	10
1.1 Problemstilling	11
1.1.1 Nuværende arbejdsproces hos redningsberedskabet.....	12
1.2 Problemformulering	17
1.3 Casebeskrivelse	18
1.4 Afgrænsning	19
2 Metode	21
2.1 Contextual Design	21
2.2 Logical Framework Approach.....	24
2.3 Supplerende metoder	24
Del II – Problemanalyse.....	26
3 Behovsafklaring	27
3.1 Identificering af interessenter	27
3.2 Identificering af informationsbehov	28
3.2.1 Nordjyllands Beredskabs informationsbehov	28
3.2.2 Nordjyllands Beredskabs vision.....	32
3.3 Tekniske krav til løsning	33
4 Potentialeundersøgelse	35
5 Tekniske aspekter	39
5.1 Geografisk informationssystem – GIS	39
5.1.1 Datamodeller.....	40
5.1.2 Webservices	43
5.1.3 Danske Beredskabers Grunddatamodel	44
5.2 Building Information Model – BIM.....	44
5.3 Interoperabilitet	45
5.3.1 Industry Foundation Classes – IFC.....	47
5.4 Python.....	49
6 Målsætning	50

Del III – Problembearbejdning	51
7 Fremtidigt workflow	52
8 Præsentation af løsningsforslag	54
8.1 Løsningsforslag del 1 – GIS-platform	54
8.1.1 GIS-plattformens funktionaliteter	56
8.1.2 Præsentation af prototype af GIS-platform	62
8.2 Løsningsforslag del 2 – GIS-server	69
8.3 Fremtidige arbejdsprocesser	72
9 Diskussion	75
9.1 Diskussion og adressering af problemstillinger ved løsningsforslaget	75
9.1.1 Inddeling af informationer i GIS-plattformen	75
9.1.2 Interne datakilder	77
9.1.3 Eksterne datakilder	80
9.1.4 Generelle problemstillinger	80
9.1.5 Tekniske aspekter	81
9.1.6 IFC2GIS-script	82
9.2 Videreudviklingspotentiale	84
9.2.1 Videreudviklingspotentiale af GIS-platform	84
9.2.2 Videreudviklingspotentiale af script	86
10 Konklusion	87
11 Perspektivering	91
Del IV – Serviceafsnit	94
12 Referencer	95
12.1 Litteraturliste	95
12.2 Figurliste	100
12.3 Tabelliste	103
13 Appendiksliste	104
14 Bilagsliste	106

Del I – Introduktion

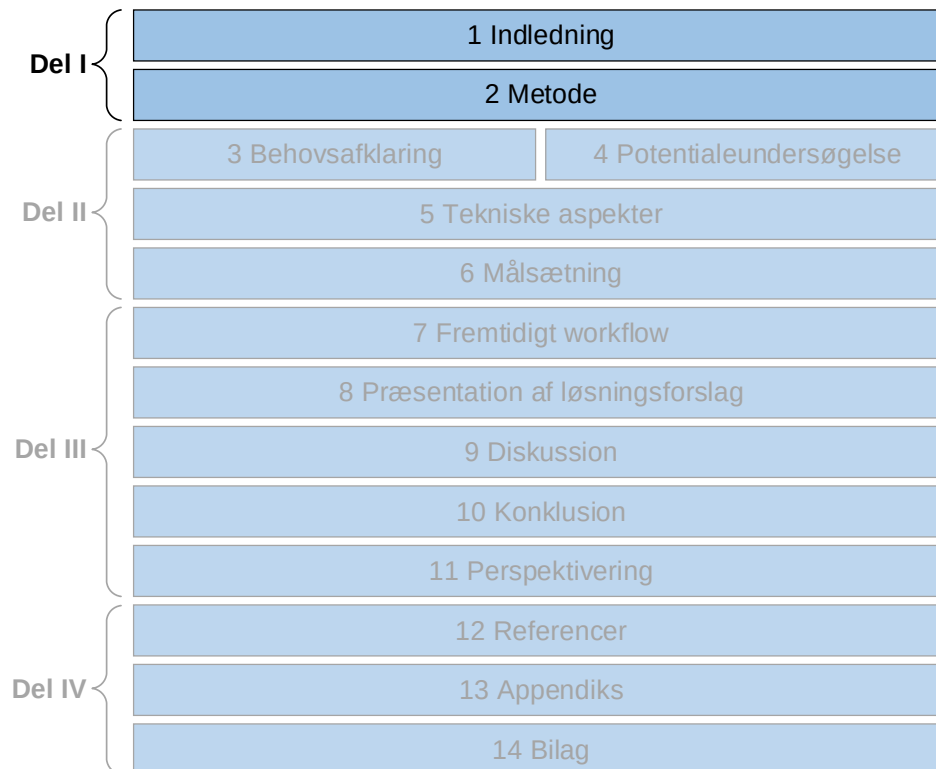


Illustration af de elementer, som er i fokus i del I.

Del I er projektets introduktionsdel, der omhandler de indledende emner, som er grundlag for den videre bearbejdning af projektets problemfelt.

Afsnit 1 indeholder 4 underafsnit: afsnit 1.1 og 1.2 er henholdsvis projektets problemstilling og problemformulering. Problemstillingen er den generelle beskrivelse af problemfeltet, og problemformuleringsafsnittet indeholder projektets centrale spørgsmål (problemformuleringen) samt dertilhørende underspørgsmål. Afsnit 1.3 beskriver projektets case, som er Nordjyllands Beredskab, og afsnit 1.4 afgrænser projektet til de mest centrale aspekter af problemfeltet.

Afsnit 2 er projektets metodeafsnit. I dette afsnit beskrives projektets anvendte metoder, herunder Contextual Design, som er projektets centrale metode.

1 Indledning

Mange brancher, herunder byggebranchen, er under fortsat digitalisering og digital udvikling. Den digitale udvikling i byggebranchen er påvirket af lovgivning i forhold til anvendelsen af digitale værktøjer og platforme i udvikling af nye byggerier, og det er en udvikling, som potentielt kan have indflydelse på de fremtidige arbejdsprocesser for mange parter i byggebranchen – både de aktører, der er direkte involveret i byggebranchen (arkitekter, ingeniører, entreprenører mv.), men også i nogen grad de aktører, der kun i nogen grad er involveret i byggebranchen (diverse myndigheder, byggherrer, bygningsbrugere mv.). Blandt de perifert involverede aktører kan nævnes de danske redningsberedskaber, som blandt andet er ansvarlige for brandteknisk byggesagsbehandling.

De danske kommunale redningsberedskaber har til opgave at yde både *forebyggende*, *begrænsende* og *afhjælpende* indsats ved faresituationer for både personer, ejendomme og miljø. Det betyder, at beredskabernes indsatsområder relaterer sig til håndtering af akutte hændelser både før (forebyggende) og efter (begrænsende og afhjælpende), at hændelserne sker. I daglig beredskabsmæssig tale omtales de to indsatsområder som henholdsvis den *forebyggende*¹ og den *operative afdeling*, og disse afdelinger er organisatorisk opdelt, hvorfor de tværfunktionelle forhold er begrænsede.

Denne opdeling kan ses som en u hensigtsmæssig hævning af vidensdeling på tværs af organisationens fagområder: myndighedsafdelingen kan givetvis have kompetencer og viden, som kan udnyttes i den operative afdeling, og omvendt kan erfaringer fra den operative afdeling sandsynligvis anvendes i blandt andet fremtidig byggesagsbehandling. Tilsyneladende er denne vidensdeling svær på grund af den manglende teknologiske infrastruktur, som kan facilitere informationsudvekslingen, og det er en problemstilling, som beredskabernes interesseorganisation Danske Beredskaber erkender.

De danske redningsberedskaber anerkender altså behovet for en digital udvikling, men den relativt fragmenterede organisation af de danske beredskaber kan besværliggøre en praktisk implementering af store tiltag hos de enkelte kommunale redningsberedskaber. På baggrund heraf har Danske Beredskaber igangsat udarbejdelsen af Danske Beredskabers Grunddatamodel², hvis formål er sikring af ensrettet dataudveksling mellem de forskellige kommunale redningsberedskaber. Grunddatamodellen er en strukturering af beredskabsrelevante geografiske informationer, som de enkelte beredskaber kan implementere efter eget ønske – modellen er blot en hierarkisk opsætning af denne information. I et interview med en beredskabsinspektør fra Beredskab Øst (et østsjællandsk redningsberedskab, som er frontløber ved implementeringen af grunddatamodellen) er der fortalt, at der i de danske beredskaber længe har været behov for GIS-baseret operativ bistand ved indsatser, og at tidligere forsøg med proprietære softwareløsninger ikke har vist sig at være succesfulde. De tidligere fejlslagne projekter har været en af de primære årsager til, at Danske Beredskaber forsøger en mere åben løsning med implementeringsfrihed i de forskellige redningsberedskaber.

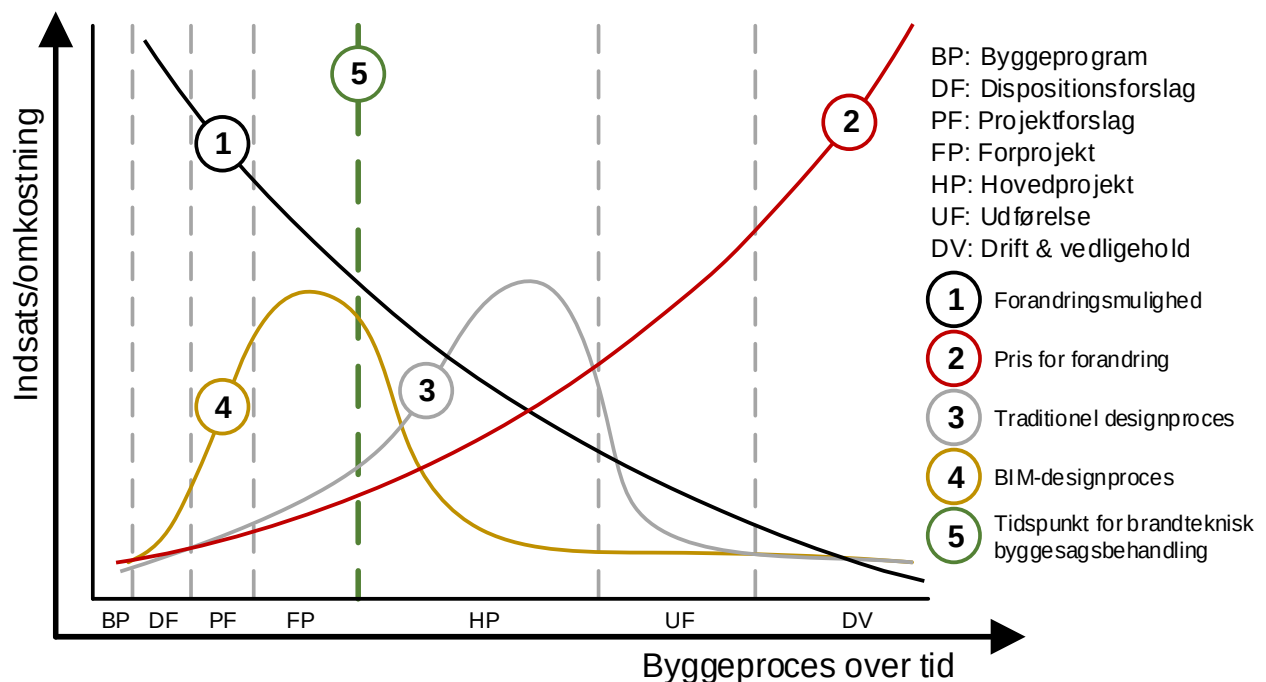
¹ Den forebyggende afdeling har forskellige ansvarsområder, men det eneste, som der fokuseres på i dette projekt, er afdelingens arbejde med myndighedsbehandling. Afdelingen kaldes i dette projekt *myndighedsafdelingen*.

² Ikke at forveksle med Digitaliseringsstyrelsens *Grunddata*-projekt, som også betegnes *grunddatamodel*, selvom Danske Beredskabers Grunddatamodel konceptuelt er meget lig denne.

Dette projekt er til blevet ud fra et byggefagligt perspektiv. Selvom de kommunale redningsberedskaber generelt ikke anses som en direkte del af den generelle danske byggebranche, er der stadig overlap mellem beredskaberne og byggebranchen – eksempelvis ved brandteknisk byggesagsbehandling, hvor beredskaberne modtager projektmateriale til gennemgang. Danske Beredskabers Grunddatamodel, om end det blot er en skabelon for strukturering af geospatiale data, har umiddelbart potentiale for at kunne udnytte de informationer, som beredskaberne modtager i forbindelse med byggesagsbehandlinger, men på dette tidspunkt er det stadig ikke muligt for beredskaberne at koble disse to informationskilder.

1.1 Problemstilling

Den danske byggebranche anvender fortsat i højere grad BIM til projektering af nye byggerier. Det betyder typisk, at arbejdsbyrden (og produktionen af informationer) rykkes til de tidligere faser i projekteringen af byggerier i forhold til traditionel projektering, hvilket kan ses på kurverne, som er markeret med 3 og 4 på figur 1-1 nedenfor.



Figur 1-1: MacLeamy-grafen, der viser en traditionel byggeproces sammenlignet med en BIM-designproces. Typisk vil der i BIM-baserede projekter være mange tilgængelige informationer ved byggesagsbehandlingen. Baseret på AIA & AIACC (2007).

I teorien vil den projektmæssigt tidlige arbejdsbyrde betyde, at flere kritiske forhold i projektet vil være afklaret, inden projektet sendes til myndighedsbehandling – det betyder også, at redningsberedskabernes myndighedsafdelinger, som modtager sagsmateriale til godkendelse, får et bedre beslutningsgrundlag til at afgøre, hvorvidt en byggesag kan godkendes eller ej. I praksis er det sandsynligvis ikke altid sådan: typisk giver beredskaberne byggetilladelser på baggrund af indsendt projektmateriale i form af beskrivelser og tegningsmateriale som PDF-filer. Dette materiale kan ganske vist være

baseret på en BIM-model (som jf. figur 1-1 er forholdsvis detaljeret), men mange af disse informationer går selvsagt tabt, når modellen konverteres til PDF-baserede tegningsmateriale.

I den anden ende af spektret er de hypotetiske situationer, hvor redningsberedskaberne kan give byggetilladelser på baggrund af indsendte modeller – eksempelvis en IFC-model, som ved offentlige byggerier allerede kræves udarbejdet jævnfør den gældende IKT-bekendtgørelse (Transport-Bygnings- og Boligministeriet, 2013). De to scenarier – redningsberedskabet modtager PDF-materiale, eller beredskabet modtager en IFC-fil – har dog samme slutresultat: byggesagen behandles, og det indsendte projektmateriale arkiveres. Det første scenarie (byggesagsbehandling af PDF-materiale) giver i sig selv kun et begrænset potentiale for vidensdeling på tværs af redningsberedskabets afdelinger, men i kombination med en IFC-fil og dennes dataindhold kunne der være stort vidensdelingspotentiale. Denne vidensdeling er på nuværende tidspunkt begrænset i de kommunale redningsberedskaber, men der er planer om, at BIM-modeller på sigt skal implementeres som en del af Danske Beredskabers Grunddatamodels informationsgrundlag jf. interview med en indsatsleder fra Beredskab Øst (appendiks 1).

I det følgende beskrives dette brud i informationsudveksling mellem afdelingerne mere detaljeret.

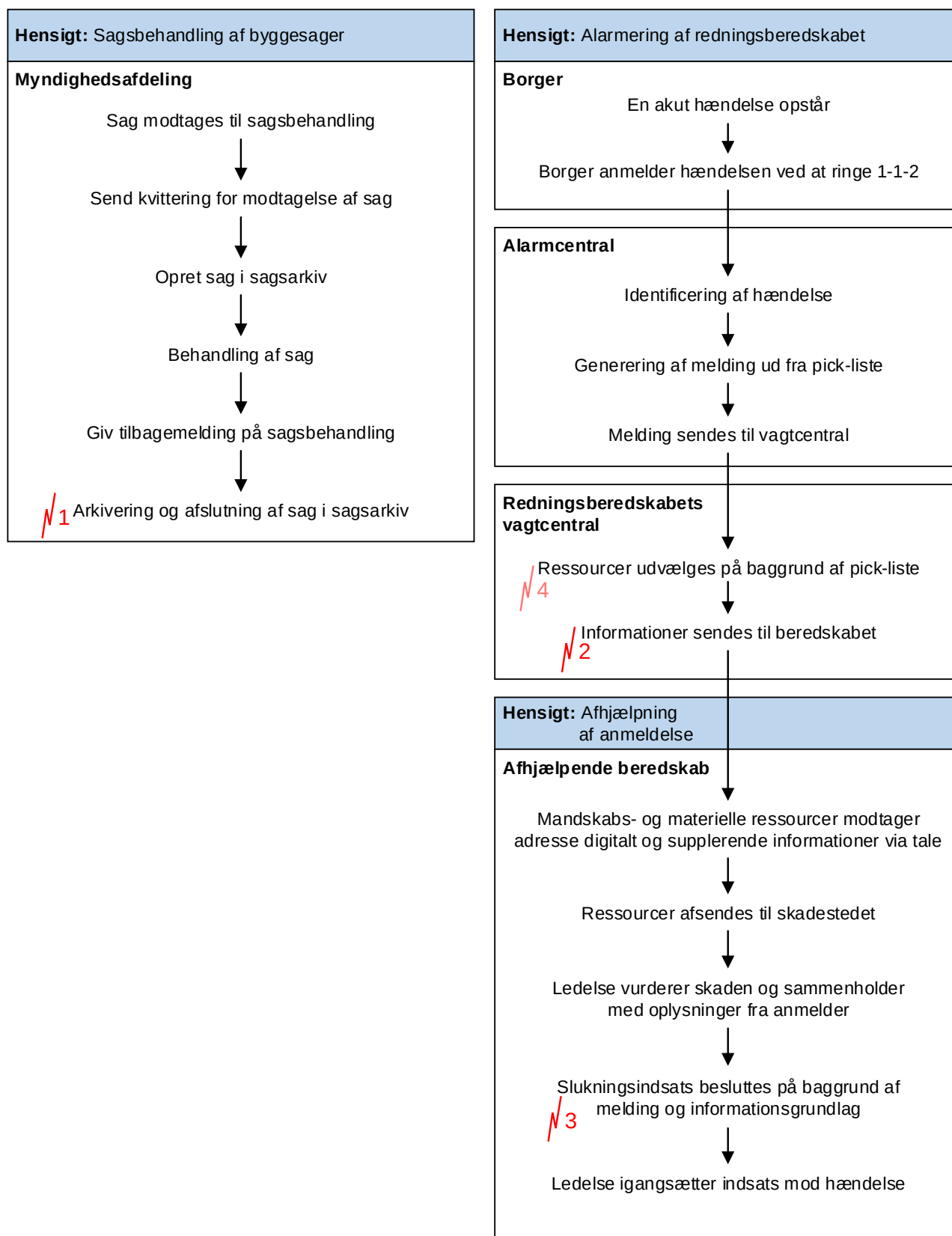
1.1.1 Nuværende arbejdsproces hos redningsberedskabet

De kommunale redningsberedskaber er inddelt i flere afdelinger, herunder en myndighedsafdeling og en operativ afdeling. Arbejdsprocesserne i de to afdelinger klarlægges i det følgende for at illustrere problemstillingen i disse.

Myndighedsafdelingen har forskellige arbejdsopgaver. Jævnfør beredskabsloven er det kommunale redningsberedskab myndighed på visse byggerier, blandt andet ved sagsbehandling af brandfarlige virksomheder mv. (Forsvarsministeriet, 2017).

I forbindelse med interviewene blev arbejdsprocessen i myndighedsafdelingen klarlagt; denne fremgår af den venstre sekvensmodel i figur 1-2.

Tilsvarende har interviews klarlagt arbejdsprocesserne for den operative afdeling ved en alarmering af redningsberedskabet (eksempelvis ved bygningsbrand). Arbejdsprocessen er illustreret i den højre sekvensmodel i figur 1-2.



Figur 1-2: Sekvensmodel, der angiver arbejdsprocesserne i myndighedsafdelingen og den operative afdeling i et kommunalt redningsberedskab. Nedbrud (problemstillinger) er markeret med røde lyn. Nedbrud 4 er ikke i fokus i dette projekt og er derfor nedtonet.

Nedbrud i arbejdssekvenser

Sekvensmodellerne i figur 1-2 angiver flere problemstillinger, som er markeret med røde lyn. På baggrund af interview med en beredskabsinspektør fra Beredskab Øst er der identificeret fire overordnede problemstillinger, hvoraf 1-3 relaterer sig direkte til projektets problemfelt:

1. Ved byggesagsbehandlinger modtager myndighedsafdelingen sagsmateriale, som skal behandles. Ved endt sagsbehandling arkiveres sagsmaterialet, og en potentielt vigtig ressource for den operative afdeling udnyttes ikke. Den tekniske infrastruktur, som det kræver at videreformidle disse informationer, eksisterer ikke.
2. Ved en alarmering, eksempelvis en bygningsbrand, er redningsberedskabets vagtcentral en vigtig ressource for den operative afdeling, som rykker ud til hændelsen. Det er vagtcentralens opgave at informere den operative afdeling om kritiske forhold ved hændelsen eller den omhandlede bygning. Sådanne informationer kunne sandsynligvis findes i en bygningsmodel, som beredskabet kan være i besiddelse af, men den manglende infrastruktur resulterer i, at dette i praksis ikke er muligt. Begrænsningerne for vagtcentralen er kendt af Nordjyllands Beredskab, som skriver i deres risikobaserede dimensionering, at de vil *"[...] arbejde for, at Vagtcentralen fremover i højere grad tilegnes kompetencer og værktøjer til at kunne understøtte den tekniske ledelse endnu bedre. Vagtcentralen bliver derfor i højere grad omdrejningspunktet for at fremfinde relevant viden og understøtte den tekniske leder i iværksættelsen heraf"* (Nordjyllands Beredskab, 2018b).
3. En indsats er en dynamisk affære, da indsatssituationen hele tiden udvikler sig. Det betyder, at indsatslederen på skadestedet³ løbende har behov for nye informationer. Det kan medføre, at informationer, der af vagtcentralen ikke ansås som værende relevante (på daværende tidspunkt), grundet situationens udvikling pludselig bliver essentielle. Derfor har indsatslederen også et behov for direkte at kunne tilgå informationer om bygningen, men der er igen ikke umiddelbar adgang til det af myndighedsafdelingen behandlede materiale. Det manglende beslutningsgrundlag resulterer i en potentielt hæmmet indsats.
4. Ved en alarmering af redningsberedskabet er der en forhåndsdefineret køretøjs- og mandssammensætning, som afsendes på nogle statiske meldinger (*picks*⁴). Disse *picks* er i nogle tilfælde ikke hensigtsmæssige, eksempelvis ved bygningsbrand i en etageejendom, hvor der eksempelvis kan være stor forskel på, hvorvidt redningsberedskabets drejestige kan nå den pågældende brand i højden – hvis der opstår problemer hermed, kan det have omfattende

³ Et skadested er defineret ved et afgrænset område, hvor en skade er sket, og hvor der er behov for blandt andet redningsberedskabets indsats (Beredskabsstyrelsen, 2018).

⁴ Redningsberedskabet foretager en risikovurdering på baggrund af deres operationsområder. Risikovurderingen anvendes blandt andet til at definere, hvilke køretøjer og mandskab der skal afsendes til de enkelte *picks*. *Pick*-listen indeholder en række foruddefinerede statiske meldingskategorier, eksempelvis "containerbrand i det fri" eller "bygningsbrand i villa/rækkehus".

konsekvenser for såvel slukningsindsats samt ressourceforbrug. Derfor ser redningsberedskaberne et potentiale i, at deres ressourcetræk sker dynamisk på baggrund af melding (brand i bygning, brand i container mv.), meldingsadresse og en pågældende bygnings geometri.

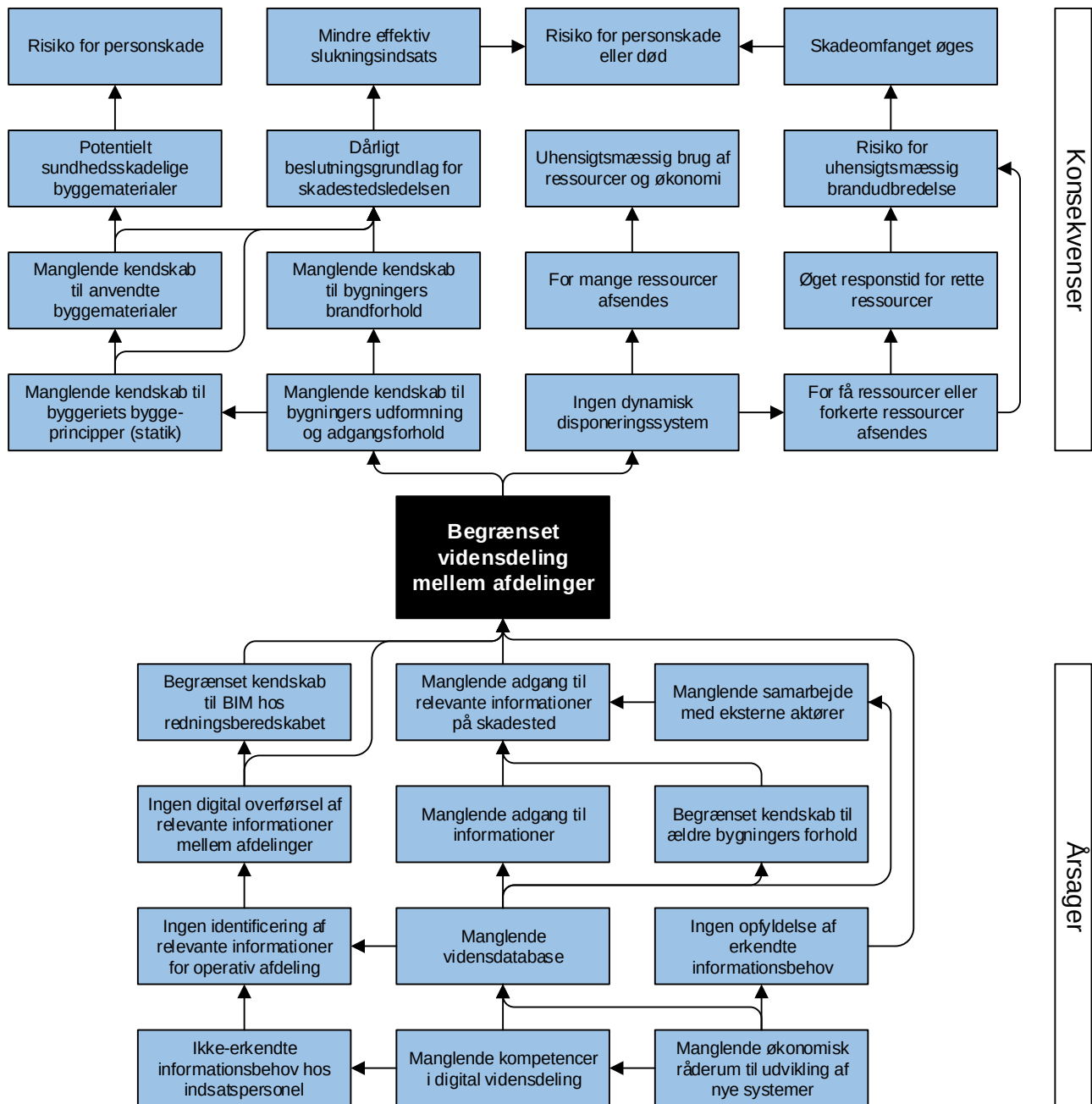
Disse identificerede nedbrud er udgangspunktet for projektets udarbejdede problemtræ⁵. Nederst i problemtræet er problemstillingens årsager, hvoraf et centralt element er *manglende vidensdatabase*, som i sig selv har mange resulterende konsekvenser, hvorfor netop dette punkt er et fokusområde i projektet.

Ligeledes viser årsagssiden af problemtræet, at personel i redningsberedskabet både har ikke-erkendte informationsbehov (informationer, som de måske ikke ved, eksisterer og kunne være gavnlige), samt allerede erkendte informationsbehov (informationer, som de af andre årsager ikke anvender ved indsatser).

På konsekvenssiden af problemtræet ses der, at de resulterende konsekvenser, måske selvsagt, er en hæmmet indsats ved udrykning, hvilket så kan have store konsekvenser for person- og ejendoms-skade.

Problemtræet er relativt omfattende og afgrænses i afsnit 1.4.

⁵ Formålet med et problemtræ er analyse af årsager og konsekvenser ved et defineret problemfelt – i dette projekt den manglende vidensdeling mellem afdelingerne i redningsberedskabet. Metoden beskrives i afsnit 2.2.



Figur 1-3: Problemtre for projektet. Under nøgleproblemet (markeret med sort i midten) er dets årsager. Konsekvenserne ved nøgleproblemet er placeret øverst. Pilenes retning viser kausalitetsretningen for de enkelte bokse.

1.2 Problemformulering

De ovenfor nævnte problemstillinger danner grundlag for projektets problemformulering. Problemformuleringen skal fungere som det primære retningsgivende element for løsning af projektets problemfelt, og formålet med rapporten bliver således en besvarelse af problemformuleringen.

Danske Beredskaber er på nuværende tidspunkt i gang med at udarbejde Danske Beredskabers Grunddatamodel, som er en GIS-baseret datastrukturering, der skal anvendes på tværs af beredskaber og på tværs af de enkelte redningsberedskabers afdelinger. Der er identificeret et potentiale for udnyttelse af BIM-data fra de modeller, som myndighedsafdelingerne har tilgængelige, og ved at gøre disse informationer let tilgængelige ved indsatser er der mulighed for, at indsatsledere kan danne sig et mere fyldestgørende overblik over de situationer, som de ved indsatser skal forholde sig til og reagere på.

Projektets problemformulering lyder derfor som følger:

Hvordan kan byggetekniske informationer udnyttes på tværs af myndighedsafdelingen og den operative afdeling hos et kommunalt redningsberedskab?

Som hjælpeværktøjer defineres en række underspørgsmål, som skal bistå i sikring af relevansen af det udarbejdede materiale.

1. Hvilke informationer er relevante for den operative afdeling ved indsatser?
2. Hvordan kan koblingen af BIM og GIS støtte den operative afdeling ved indsatser?
3. Hvordan kan informationer fra eksterne ressourcer udnyttes operativt?

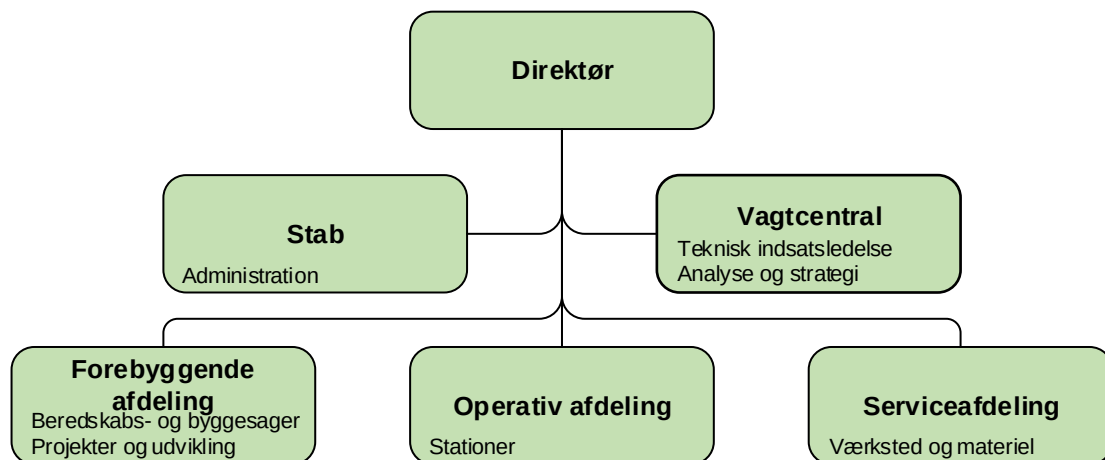
I det følgende afsnit præsenteres projektets case, som er Nordjyllands Beredskab. Virksomhedscasen fungerer som en kontekstuel ramme i hvilken projektet er udarbejdet og afprøvet.

1.3 Casebeskrivelse

I Danmark er der 24 kommunale redningsberedskaber, hvor Danske Beredskaber er en brancheforening, som ejes af de kommunale redningsberedskaber. Brancheforeningens formål er at udvikle redningsberedskaberne i Danmark (Danske Beredskaber, 2018c).

I dette projekt tages der udgangspunkt i et enkelt af disse redningsberedskaber, og det antages, at dette beredskab er repræsentativ for de øvrige redningsberedskaber – det vil sige, at organisationen af dette beredskab samt dets forebyggende og operative opgaver ikke afviger fra tilsvarende opgaver i øvrige beredskaber.

Det primære redningsberedskab, som er inddraget i dette projekt, er Nordjyllands Beredskab – deres organisationsdiagram fremgår af figur 1-4.



Figur 1-4: Organisationsdiagram for Nordjyllands Beredskab. Baseret på udleveret materiale i forbindelse med interview af chef for vagtcentralen. Original i bilag 1.

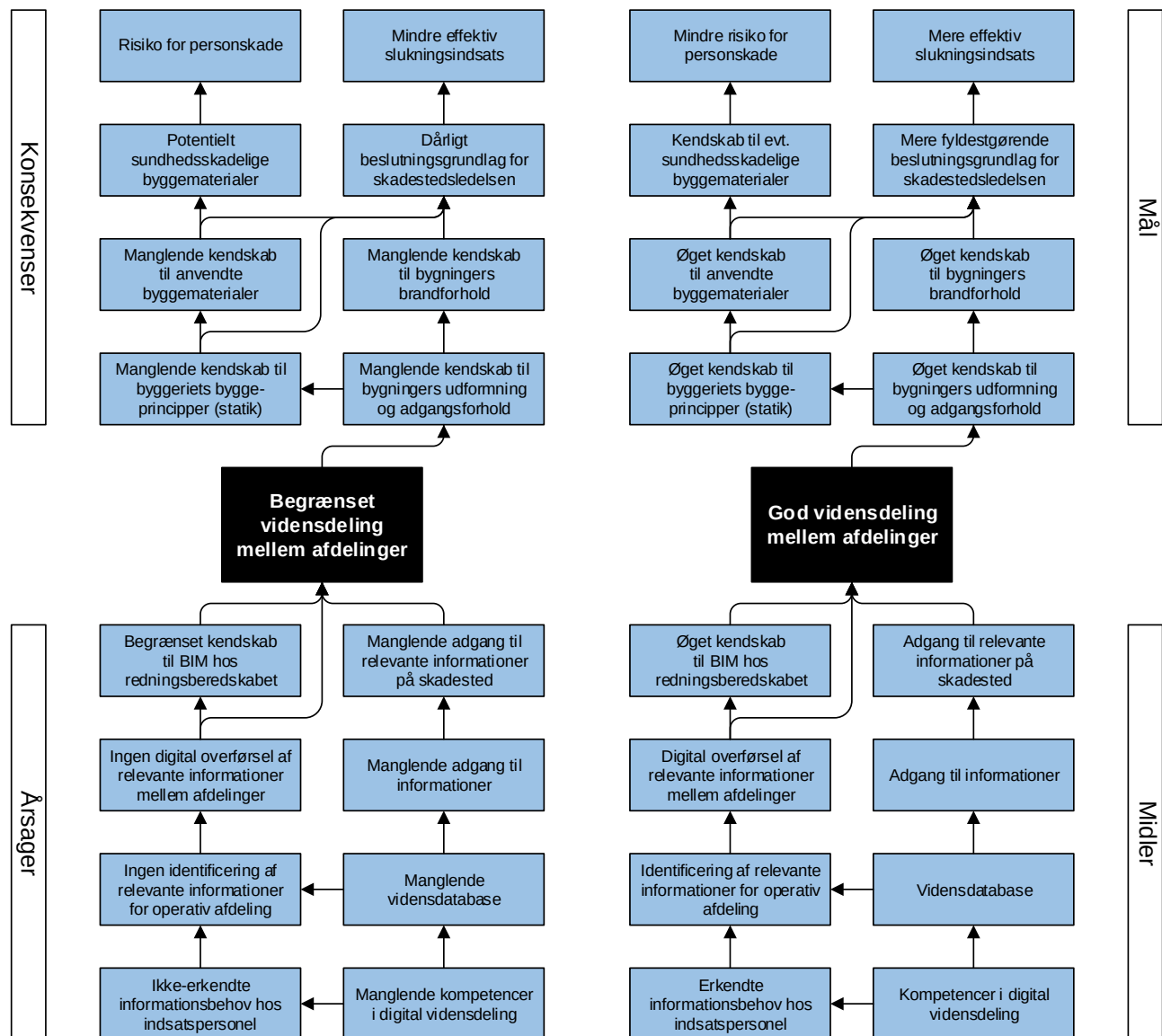
Nordjyllands Beredskab inddrages i større grad af flere årsager. Jævnfør Nordjyllands Beredskabs risikobaserede dimensionering⁶ fremgår det, at vagtcentralen udgør en væsentlig rolle i forbindelse med formidling af informationer til ledelsen af operative indsatser. Helt konkret fremgår det, at vagtcentralen skal tilegne sig kompetencer og værktøjer til at fremfinde relevant viden, for herigennem at understøtte ledelsen på et skadesteds beslutningsgrundlag (Nordjyllands Beredskab, 2018d).

Styrkelsen af vagtcentralens formidlingsevne kommer af erkendelsen om redningsberedskabets geografi og omlægning af den tekniske ledelse, hvilket bevirker et mindre lokalkendskab blandt redningsberedskabets operative ledelse.

⁶ Risikobaseret dimensionering er det enkelte redningsberedskabs dimensionering efter forholdene i den enkelte kommune. Den risikobaserede dimensionering skal sikre, at redningsberedskabet kan yde en forsvarlig forebyggende, begrænsende og afhjælpende indsats (Beredskabsstyrelsen, 2017).

1.4 Afgrænsning

Af indledningen fremgår projektets problemstilling, som omfatter relativt mange elementer. For at begrænse og fokusere projektets problemfelt afgrænses problemstillingen til de områder, som behandles i denne rapport. Af figur 1-5 fremgår et afgrænset problemtræ (til venstre i figuren), som tager udgangspunkt i problemtræet, som er præsenteret i afsnit 1.1. På baggrund af det afgrænsede problemtræ er der udarbejdet et måltræ med henblik på identificering af projektets mål. Måltræet fremgår i højre side af figur 1-5.



Figur 1-5: Til venstre: projektets afgrænsede problemtræ. Til højre: projektets måltræ. Nøgleproblemet/målet er angivet i midten af hvert af de to træer med en sort tekstboks.

I det følgende redegøres for de væsentligste afgrænsninger, som er foretaget i projektet.

Afgrænsning af løsningsforslagets tilgængelighed på mobile platforme

Af problemstillingen fremgår det, at der er behov for at tilgå nødvendige informationer via mobile enheder, herunder tablets. En sådan løsning kan laves på flere forskellige måder, blandt andet via serverløsninger⁷. Projektet er afgrænset fra en konkret implementering af dette aspekt, men potentialet diskuteres stadig i problembearbejdningen.

Afgrænsning af redningsberedskabets informationsbehov

Der er i forbindelse med de afholdte interviews blevet identificeret en række informationskrav til løsningsforslaget, som ikke direkte er relateret til BIM. Et eksempel herpå er forsyningsselskabernes ledningsnet og dertilhørende informationer. Der fokuseres i dette projekt hovedsageligt på udnyttelse af informationer, som kan lagres i BIM-modeller, og andre informationstyper behandles ikke.

Dynamisk disponering

På baggrund af interviews med medarbejdere fra både Beredskab Øst og Nordjyllands Beredskab er det klarlagt, at redningsberedskaberne har et behov for det, de kalder dynamisk disponering (appendiks 1, appendiks 2 og appendiks 3). Det betyder, at køretøjer, mandskab og øvrige ressourcer disponeres efter den pågældende hændelses forhold, herunder bygningens højde og anvendelse. Det kræver, at disse informationer er tilgængelige i et dynamisk disponeringsværktøj. I dette projekt afgrænses fra dette ønske, idet det ikke er inden for projektets emnefelt.

Begrænset eksportfunktionalitet af løsningsforslag

På baggrund af de afholdte interviews er en række funktionskrav til projektets løsningsforslag blevet belyst. En del af disse funktioner er praktisk mulige at løse med et rimeligt ressourceforbrug, men er på grund af tidsbegrænsninger i projektets udarbejdelse blevet fravalgt. Projektets løsningsforslag kan eksportere basale projektdata; al lignende eksport, som ikke er indarbejdet, vil kunne implementeres på generelt samme vis.

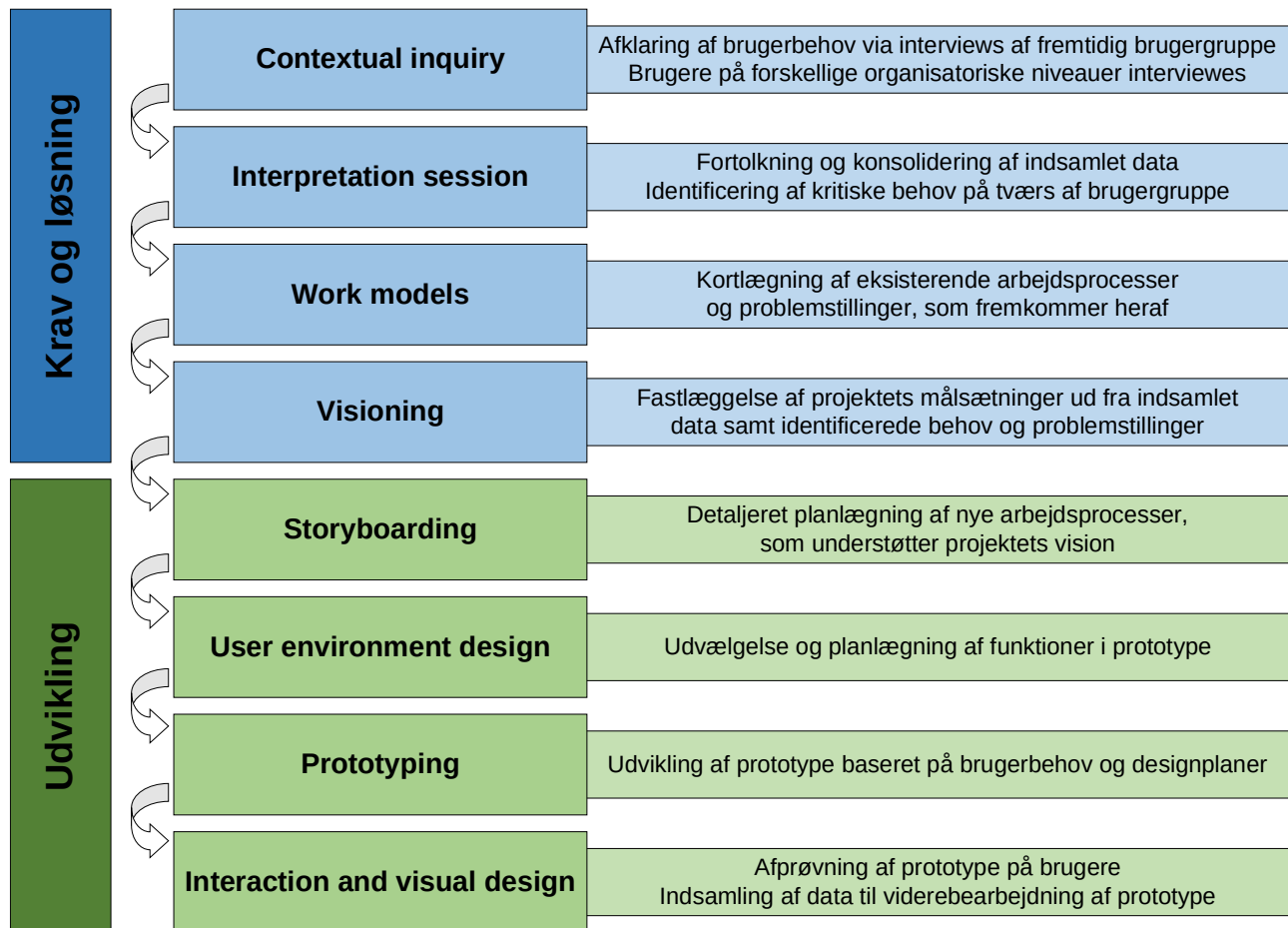
⁷ Til QGIS, som er anvendt i dette projekt, forefindes blandt andet QGIS Cloud (Sourcepole, 2018) og NextGIS (NextGIS, 2018), som er i stand til at publicere kort fra QGIS til en webløsning. Desuden er det muligt at opsætte en GIS-server via QGIS (QGIS, 2018a).

2 Metode

I dette afsnit præsenteres de anvendte metoder til dataindsamling og bearbejdning af projektets problemfelt. Overordnet tager projektet udgangspunkt i metoderne *Contextual Design* og delelementer fra *Logical Framework Approach*. I de følgende afsnit belyses baggrunden for, og anvendelsen af, metoderne i projektet.

2.1 Contextual Design

I forbindelse med udvikling af it-systemer, som dette projekt også berører, kan den brugercentrerede designproces Contextual Design anvendes. Contextual Design er en holistisk integreret metode, som definerer fremgangsmåder til alle delprocesser i den overordnede udviklingsproces af it-systemer – fra de indledende behovsafklarende dataindsamlinger hos de fremtidige brugere af systemet, til planlægning og eksekvering af den faktiske programmering, og til efterfølgende feedback og tilpasning af systemet. Essensen i Contextual Design er en iterativ test og tilpasning af systemet på baggrund af brugerfeedback. Overordnet inddeles Contextual Design i to hovedområder (i dette projekt tilpasset): *initierende dataindsamling og konceptdefinition* ("Krav og løsning" – markeret med blå på figur 2-1) samt *udvikling, afprøvning og tilpasning* ("Udvikling" – markeret med grønt på figur 2-1). Vigtigt for Contextual Design-metoden er, at brugerne kontinuert involveres i udviklingsprocessen – også i de senere faser – hvilket skal sikre, at deres ønsker og krav i højere grad opfyldes (Beyer & Holtzblatt, 1998).



Figur 2-1: Contextual Design-modellens otte trin inddelt i to overordnede kategorier. Kommentarerne i højre side af figuren er projektspecifikke beskrivelser, og er ikke en del af den officielle model. Baseret på Beyer & Holtzblatt (2013).

Contextual Design danner grundlag for struktureringen af dette projekt. De otte punkter, som udgør Contextual Design, gennemløbes delvist sekventielt gennem denne rapport, og deres konkrete projektanvendelse beskrives i det følgende.

Contextual Design-punkt	Projektspecifik anvendelse
Contextual inquiry	Det første punkt i Contextual Design er afklaring af brugerbehov. Dette er gjort gennem interviews af diverse interessenter på forskellige organisatoriske niveauer i beredskabet. De initierende interviews er med repræsentanter, som har erfaringer med både præventivt arbejde (eksempelvis myndighedsbehandling) samt operativt arbejde (eksempelvis indsatsledelse ved indsatser). Efterfølgende er en beredskabschef for Nordjyllands Beredskab interviewet for at give et organisatorisk perspektiv på en fremtidig implementering af projektets endelige produkt. Desuden er en beredskabsinspektør fra Beredskab Øst interviewet på baggrund af personens viden om implementering af Danske Beredskabers Grunddatamodel. Dette punkt afvikles primært i afsnit 3, men de afholdte interviews anvendes gennem hele projektet.
Interpretation session	Den indsamlede data fra de forskellige informanter sammenholdes, og der undersøges kritiske elementer på tværs af de afholdte interviews. De kritiske punkter, som typisk går igen i flere dataindsamlinger, tillægges særlig fokus i projektet. Dette punkt afvikles i afsnit 3.2 og danner grundlag for det videre arbejde.
Work models	Contextual Design-metodens <i>work models</i> er en række af konceptuelle modeller, som kortlægger forskellige aspekter af de eksisterende arbejdsprocesser. I dette projekt er de anvendt til at kortlægge arbejdsprocesserne for de adskilte arbejdsprocesser for myndighedsafdelingen og den operative afdeling med henblik på fremtidig sammenkobling af disse arbejdsprocesser. Dette punkt afvikles løbende gennem hele projektet til analyser og beskrivelser, men overvejende mest i del II af rapporten.
Visioning	De indledende interviews og analyser er retningsgivende for den videre bearbejdning af projektet. Visionen er en konkretisering af projektets målsætning, og den beskriver, hvad problembearbejdningen (del III) skal opnå. Dette punkt afvikles i afsnit 6 og danner grundlag for projektets problembearbejdning i del III.
Storyboarding	På baggrund af visionen planlægges de fremtidige arbejdsprocesser, som understøtter projektets mål. I dette projekt er et af delmålene en sammenkobling af arbejdsprocesser mellem beredskabets myndighedsafdeling og operative afdeling, og netop denne omstrukturering vil være fokus for analyser i storyboard-punktet. Dette punkt afvikles i afsnit 7.
User environment design	På baggrund af brugernes kravspecifikationer udvælges og planlægges projektets løsningsforslags funktionaliteter. Dette gøres overvejende via <i>user environment design</i>-diagrammer. Dette punkt afvikles i afsnit 8.
Prototyping	Projektets prototype designes og udvikles på baggrund af <i>user environment design</i>-diagrammerne. Prototypen består af en GIS-baseret platform samt et Python-script, der eksporterer IFC-data til GIS-plattformen. Dette punkt afvikles i afsnit 8.
Interaction and visual design	Prototypen testes hos brugergruppen, som efterfølgende giver feedback på prototypens funktionaliteter og interface. Brugernes feedback diskuteres og bearbejdes, og potentielle løsningsforslag præsenteres. Dette punkt afvikles i afsnit 9 og er baseret på både brugerfeedback og allerede kendte problemstillinger ved prototypen.

Tabel 2-1: Contextual Design i dette projekt.

2.2 Logical Framework Approach

Projektet anvender delelementer fra Logical Framework Approach (European Integration Office, 2011), herunder problem- og måltræer samt en interessentanalyse. Metodernes anvendelse fremgår af de følgende afsnit.

Problem- og måltræ

Problem- og måltræerne anvendes i projektets indledende faser. Problemtræet anvendes som et værktøj til at identificere projektets problemfelt for deraf at identificere projektets mål (i måltræet). Styrkerne ved de grafiske repræsentationer er, at de skaber gode overblik over årsager og virkninger ved de faktorer, som relaterer sig til projektet, og modellerne gør det muligt at danne sig et hurtigt overblik over de for projektet essentielle emnefelter.

Interessentanalyse

Interessentanalysen anvendes til at identificere problemfeltets interessenter samt deres grad af interesse og påvirkningsgrad. Metoden anvendes på flere organisatoriske niveauer i projektet – både på brancheniveau og virksomhedsniveau. Interessentanalysens grafiske udseende er baseret på Kousholt (2014).

2.3 Supplerende metoder

Foruden Contextual Design og Logical Framework Approach er der i projektet anvendt supplerende metoder, som belyses i det følgende.

Interviews

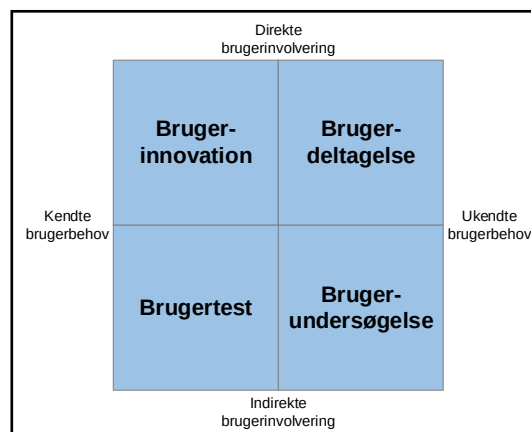
I forbindelse med Contextual Design-metodens punkt *contextual inquiry* er der foretaget interviews med interessenter på projektets problemfelt. Interviewene er foretaget som semistrukturerede, narrative forskningsinterviews. Ved et narrativt interview er målet, at informanterne beretter om observationer og idéer fra deres arbejde (Brinkmann & Kvale, 2009). Derfor er interviewene planlagt som værende semistrukturerede, hvilket betyder, at informanterne stilles åbne og vejledende spørgsmål, og der kan ved afholdelse af interviewene i nogen grad afviges fra de udarbejdede interviewguides. Interviewguides fremgår af appendiks- og bilagsrapporten.

Brugerinvolveringsprincipper

Contextual Design-metoden er baseret på løbende brugerinvolvering, og det medfører, at der skal være særlig fokus på, hvordan denne brugerinvolvering implementeres.

I forbindelse med indsamling af data til problemløsningen inddrages potentielle brugere i en brugerinvolveringsproces. Ved brugerinvolveringen tages der udgangspunkt i en kombination af ovenstående interviewmetode samt en matrix af fire generiske brugerinvolveringsprincipper (Bisgaard & Høgenhaven, 2010). Bisgaard & Høgenhaven (2010) kategoriserer fire typer af brugerinvolvering, som fremgår af figur 2-2. Ved *brugerinnovation* involveres brugerne som meddesignere. Her kan workshops med fordel anvendes for at indsamle viden hos brugeren. Ved *brugerdeltagelse* arbejder virksomheder sammen med brugerne, hvor prototyper kan anvendes som værktøj. *Brugertest* finder

typisk sted i de afsluttende designfaser, hvor formålet primært er feedback på en prototype. Ved *brugerundersøgelse* er formålet at indsamle viden omkring brugernes handlinger og vaner i forskellige situationer, for eksempel i en arbejdssituation. I forbindelse med interviewet af medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab anvendes en kombination af *brugerinnovation* og *brugerdeltagelse*, i samspil med den anvendte interviewmetode for at indsamle brugernes viden og idéer om et muligt løsningsforslag på projektets problemfelt. Brugerinnovation kommer i spil ved de dele af dataindsamlingen, hvor informanterne ved Nordjyllands Beredskab selv kommer med specifikationer, krav og ønsker, eksempelvis gennem anekdotiske fortællinger fra deres arbejdsliv, hvor de selv har gjort sig observationer af forhold, som kunne forbedres. Brugerdeltagelse kommer i spil ved de dele af dataindsamlingen, hvor informanterne præsenteres for prototyper og lignende, som de observerer, reflekterer over og giver feedback på.



Figur 2-2: Angivelse af 4 generiske metoder til bruger-drevet innovation. Baseret på Bisgaard & Høgenhaven (2010).

Del II – Problemanalyse

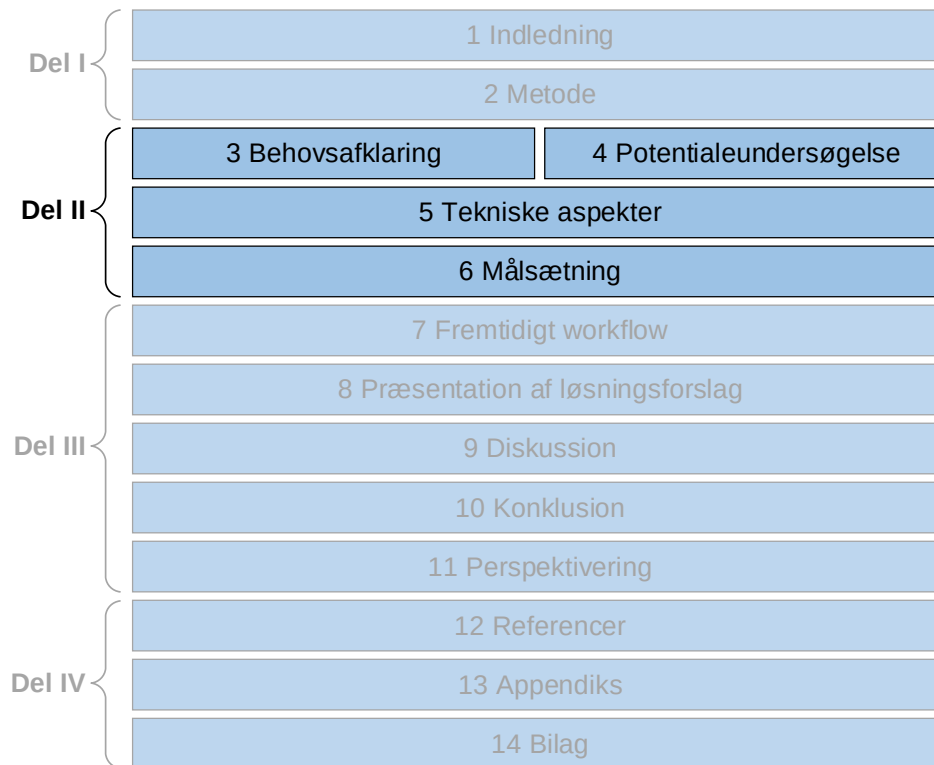


Illustration af de elementer, som er i fokus i del II.

Del II er projektets analysedel og fokuserer på de elementer, som er fremhævet i figuren ovenfor. Afsnit 3 og 4 kan læses i vilkårlig rækkefølge.

I afsnit 1.1 fremgår det, at der i forbindelse med redningsberedskabets sagsbehandling modtages potentielle informationer, som kan gavne i forbindelse med redningsberedskabets operative indsatser. Før end en vidensdeling kan foretages, er det essentielt at klarlægge, hvilke informationer der skal vidensdele, hvilket undersøges i **afsnit 3**. Denne undersøgelse sker på baggrund af en interessentanalyse fordelt på brancheniveau og projektets virksomhedscase. Formålet hermed er identificering af relevante interessenter til interviews og workshops.

I **afsnit 4** foretages en potentialeundersøgelse ved at undersøge tidligere forskningsresultater inden for projektets problemfelt. Potentialeundersøgelsen omfatter både potentialet i anvendelse af data fra BIM, anvendelsen af GIS hos redningsberedskabet og sammenkoblingen mellem BIM og GIS. Formålet med denne er undersøgelse af eksisterende systemer og forskning, hvilket kan være retningsdannende for projektet.

Tekniske aspekter belyses i **afsnit 5**, hvilket blandt andet omfatter tekniske beskrivelser af GIS og BIM og deres kapabiliteter. De tekniske aspekters anvendelsesmuligheder belyses i relation til projektets problemfelt. Desuden undersøges de forskellige datatyper i relation til GIS og BIM.

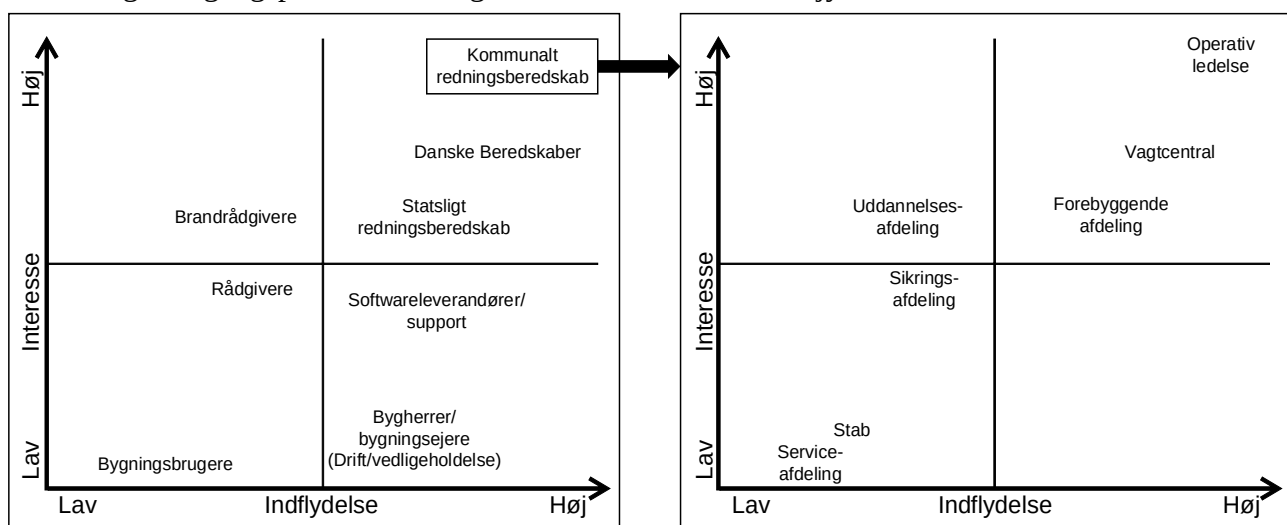
På baggrund af afsnit 3, 4 og 5 præsenteres i **afsnit 6** en målsætning for projektets løsningsforslag. Målsætningen er de overordnede mål, som projektet forsøger at opfylde.

3 Behovsaflarling

Dette afsnit omhandler indsamling af data til viderebearbejdning. Først identificeres projektets relevante interessenter, som skal involveres i projektet, og derefter indsamles data fra disse interviews og workshops. Interviews og workshops skal være med til at undersøge projektets problemfelt og finde mulige løsninger herpå. Derudover klarlægges redningsberedskabets behov og ønsker for vidensdeling mellem afdelingerne.

3.1 Identificering af interessenter

Til identificering af interessenter er der lavet en interessentanalyse på brancheniveau (venstre side af figur 3-1) og en på virksomhedsniveau (højre side af figur 3-1). Interessentanalysen på virksomhedsniveau tager udgangspunkt i den valgte virksomhedscase, Nordjyllands Beredskab.



Figur 3-1: To forskellige niveauer af interessentanalyse. Interessenterne er inddelt efter interesse og indflydelse. Til venstre: interessentanalyse på brancheniveau. Til højre: interessentanalyse på inddraget virksomhedscase.

I forhold til interessentanalysen på brancheniveau har Danske Beredskaber en relativ høj interesse og indflydelse på projektets problemfelt, idet der herigennem kan ske en harmonisering af potentielle løsninger. Danske Beredskaber har på nuværende tidspunkt udarbejdet en grunddatamodel, som netop skal sikre, at GIS-data hos de enkelte redningsberedskaber lagres på en harmoniseret måde (Danske Beredskaber, 2018d). I afsnit 5.1.3 uddybes Danske Beredskabers Grunddatamodel yderligere. Det statslige redningsberedskab (Beredskabsstyrelsen) kan have en interesse, idet redningsberedskaberne til tider anmodes om assistance herfra.

Foruden ovennævnte interessenter har de kommunale redningsberedskaber naturligvis både en høj interesse og indflydelse i forhold til implementering af løsninger på deres problemstillinger, hvorfor der foretages en intern interessentanalyse på et generisk redningsberedskab.

Heraf fremgår det, at der kan være en række interne interessenter, hvoraf de vigtigste er personel fra beredskabets operative, myndigheds- og vagtcentralafdelinger.

På baggrund af interessentanalysen er den GIS-ansvarlige hos Beredskab Øst udvalgt til interview. Interessenten fra Beredskab Øst agerer tillige i operativ afdeling. Foruden denne medarbejder fra

Beredskab Øst inddrages flere medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab til interviews og workshops. Medarbejdere fra myndighedsafdelingen og den operative afdeling inddrages til et kombineret interview og workshop, mens en chef for vagtcentralen inddrages via et interview. I det følgende fremgår de behov, som de udvalgte interessenter har identificeret.

3.2 Identificering af informationsbehov

På baggrund af interviews og workshops med de udvalgte interessenter præsenteres i afsnit 3.2.1 de informationsbehov, som informanterne ved beredskabet anser som værdiskabende. Afsnit 3.2.2 beskriver Nordjyllands Beredskabs vision baseret på et interview med beredskabschefen i Nordjyllands Beredskab samt udleveret materiale fra dette interview.

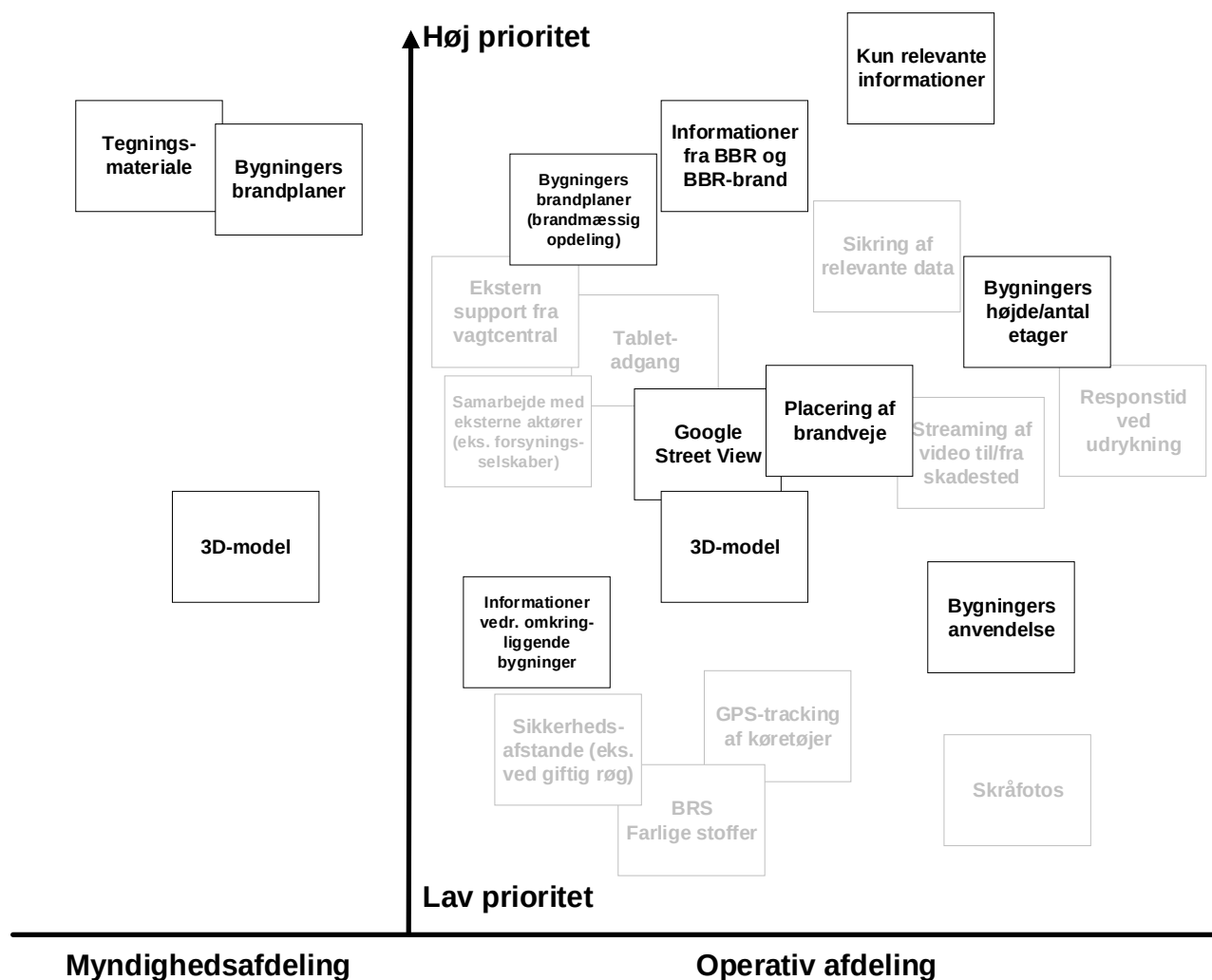
3.2.1 Nordjyllands Beredskabs informationsbehov

På baggrund af de udførte interviews er der identificeret en række informationsbehov på to organisatoriske niveauer i Nordjyllands Beredskab. Desuden er der afklaret en række allerede kendte informationsbehov hos Beredskab Øst, som allerede arbejder på implementering af Danske Beredskabers Grunddatamodel. De to organisationers informationsbehov præsenteres i det følgende.

Nordjyllands Beredskab

Udvalgte interessenter hos Nordjyllands Beredskab er en chef for vagtcentralen og to beredskabsinspektører (i det følgende medarbejdere) fra myndighedsafdelingen og den operative afdeling. Medarbejderne inddrages i en workshop, hvor brugerinvolveringsprincipperne *brugerinnovation* og *brugerdeltagelse* anvendes i en kombination med et interview.

På workshoppen er medarbejderne blevet bedt om at angive, hvilke behov de har i forbindelse med forebyggende arbejde (specielt myndighedsbehandling), men også i forbindelse med det operative arbejde. Informanterne har inddelt de identificerede behov efter vurderet væsentlighed. Resultatet heraf fremgår af figur 3-2.



Figur 3-2: Informationsbehov, som er identificeret i forbindelse med workshopen.

Foruden de ovenfor viste identificerede behov er øvrige behov klarlagt i forbindelse med interviewet. Disse fremgår af tabel 3-1 uden en væsentlighedsvægtning.

Informationsbehov	Behovets formål
Informationer i relation til bygninger	
Bygningens højde og etageantal	I forbindelse med personredning er det væsentligt, hvorvidt personredningen skal ske fra 1. sal eller 10. sal
Placering af brandtekniske installationer	Viden om eksempelvis brandventilationsanlæg og betjeningspaneler til ABA- og sprinkleranlæg
3D-bygningsmodel med attributdata, f.eks. bygningsmaterialer	Placering af adgangsveje, bygningens indretning og bygningsspecifikke risikoområder
Bygningens anvendelse (eksempelvis anvendelseskategori samt anvendelsestyper inden for anvendelseskategorien)	På baggrund af en foruddefineret <i>pick</i> -liste kan der være forskel på indsatstaktik ved en melding om bygningsbrand i en institution afhængig af tid på døgn
Adgangsforhold, herunder brandveje og redningsarealer	Viden om, hvor der er befæstede arealer, som udrykningskøretøjerne kan køre på (disse arealer er ofte på sigt gjort rekreative, hvilket gør det svært at identificere dem ved udrykninger)
Opbevaring af brandfarlige materialer	Informationer herom kan ændre på redningsberedskabets indsatstaktik
Tegningsmateriale, herunder plan- og snittegninger samt situationsplaner (inkl. brandplaner)	Identificering af bygningens brandmæssige opdeling, hvilket har indflydelse på valgt indsatstaktik
Google Maps samt Google Street View	Et rumligt indtryk af bygningsforholdene
BBR-brand (et udsnit af BBR)	Leverer få relevante oplysninger omkring bygningers brandforhold
Øvrige informationsbehov	
Køretøjers position (via GPS)	Anvendeligt på større skadesteder (eksempelvis i forbindelse med større naturbrande)
Placering og informationer om vandløb og søer	Planlægning af vandforsyning til brande
Livestreaming af offentligt tilgængelige videofeeds	Direkte visning af området eller omkringliggende områder (eksempelvis trafik) kan give bedre billede af situationen
Beregnet responstid på hændelse	Klarlægning af, hvilke ledige køretøjer der er nærmest det pågældende skadested
Angivelse af fareområde på et kort (eksempelvis forurening med farlige stoffer)	Undgåelse af, at mandskab udsættes for unødigt fare
Ledningskort fra vandforsyningen og informationer om brandhaner, herunder vandledningens ydeevne, brandhanens ydeevne og tilkoblingsmulighed på brandhanen	Anvendes til planlægning af vandforsyning ved hændelser samt i forbindelse med miljøuheld (eksempelvis kloaksystemer)
Opgivelse af dyrenheder på landbrugsejendomme	Præcis beregning af ressourcetræk, materiel og mandskab
Behov med relation til den tekniske løsning	
Tabletadgang	Bedre adgang til informationer på skadested

Tabel 3-1: Identificerede behov og dertilhørende formål på baggrund af interviews og workshop med medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab.

Foruden de i tabel 3-1 identificerede behov er det klarlagt, at det væsentligste for et brugbart system er sorteringen af informationerne. Nogle informationer kan være relevante ved én hændelsestype men ikke ved en anden hændelsestype. Desuden er der et tidsmæssigt perspektiv, idet ledelsen på et skadested har begrænset tid til at finde relevante informationer, og derfor er det væsentligt, at de præsenterede informationer ikke er irrelevante for at fjerne overblikket for indsatslederen. Derfor er det også vigtigt, at vagtcentralen fungerer som et serviceorgan for ledelsen på skadestedet, og at de mest relevante informationer er lette at finde (appendiks 2 og appendiks 3).

Beredskab Øst

Foruden medarbejdere og en chef fra Nordjyllands Beredskab er den GIS-ansvarlige hos Beredskab Øst udvalgt til interview. I denne forbindelse er de i tabel 3-2 angivne behov identificeret (appendiks 1).

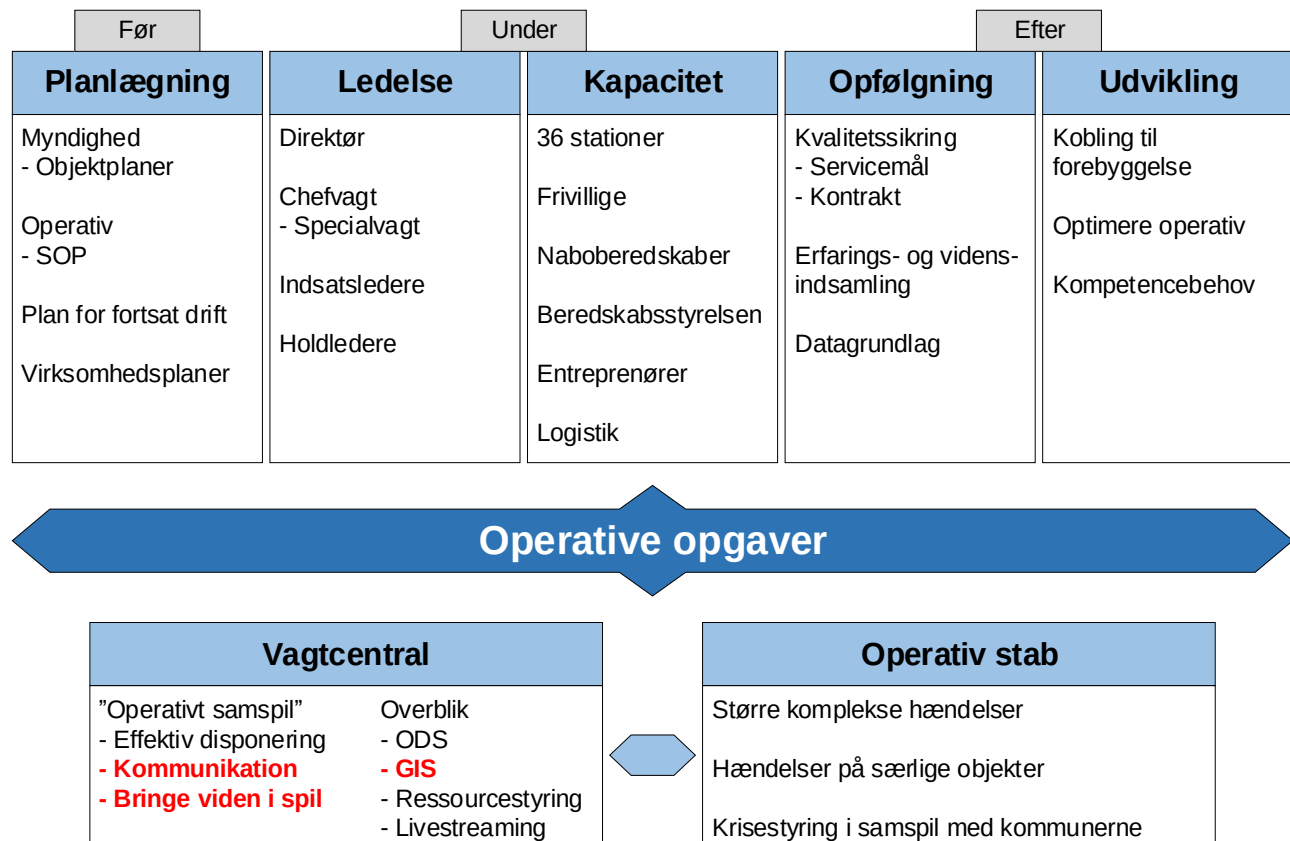
Informationsbehov	Behovets formål
Informationer i relation til bygninger	
Placering af brandtekniske installationer	Viden om eksempelvis brandventilationsanlæg og betjeningspaneler til ABA- og sprinkleranlæg
Brandveje/redningsarealer samt arealer, hvor der ikke må køres	Eksempelvis viden om, hvor en drejestige kan placeres i forbindelse med personredning
Adgangsforhold til bygninger	Identificering af nærmeste vej til en hændelse
Bygningens anvendelse (anvendelseskategori og praktisk anvendelse)	Sikring af hensigtsmæssigt ressourcetræk
Eventuel opbevaring af brandfarlige materialer	Informationer herom kan ændre på redningsberedskabets indsattaktik
Tegningsmateriale, herunder plan- og snittegninger samt situationsplaner (inkl. brandplaner)	Identificering af bygningens brandmæssige opdeling, hvilket har indflydelse på valgt indsattaktik
Bygningsinformationer fra BBR	Eksempelvis bygningers højde (hvorvidt der skal en drejestige med) samt identificering af, hvorvidt en bygning indeholder asbestholdige byggematerialer
Bygningsmodeller i 3D	Granskning af bygningens geometri for adgangsforhold, brandsektioneringer mv.
Øvrige informationsbehov	
Placering af brandhaner og deres udløbskobling	Planlægning af vandforsyning til brande
Kortmateriale fra diverse forsyningsselskaber, herunder gasforsyningen	Identificering af hvorvidt der er tilkoblet gas til en bygning
Behov med relation til den tekniske løsning	
Anvendelse af offentlige standarder	Så et system ikke begrænses af proprietære formater/systemer og hæmmer interoperabilitet
Standardiseret lagring af GIS-data	Harmonisering af måden, hvorpå der arbejdes med GIS på hos de danske redningsberedskaber

Tabel 3-2: Identificerede behov og dertilhørende formål på baggrund af interview med en medarbejder fra Beredskab Øst.

Det er således blevet identificeret, hvilke informationer redningsberedskaberne har behov for ved operative indsatser. I det følgende beskrives Nordjyllands Beredskabs vision for operativ styring.

3.2.2 Nordjyllands Beredskabs vision

Interviewet med chefen for Nordjyllands Beredskabs vagtcentral har klarlagt, at der fra et organisatorisk perspektiv er interesse i en bedre implementering af GIS i de kommunale beredskaber. I visionen om operativ styring indgår GIS som et aktivt værktøj både før, under og efter en hændelse. Nordjyllands Beredskabs vision om operativ styring fremgår af figur 3-3⁸.



Figur 3-3: Nordjyllands Beredskabs vision om operativ styring. De for projektet vigtigste elementer er markeret med rød tekst. Baseret på udleveret materiale i forbindelse med interview af chefen for vagtcentralen. Original i bilag 2.

Figuren viser nederst, at der skal være et samarbejde mellem vagtcentralen (som støttende instans ved operative opgaver) og den operative stab (aktørerne, som rykker ud til hændelser). Der er specifikt planer om fremtidig integration af GIS som værktøj til denne støttende opgave. GIS skal således være en platform, der kan facilitere *kommunikation* og hjælpe med at *bringe viden i spil*. Nordjyllands Beredskabs risikobaserede dimensionering for 2021 indeholder desuden følgende:

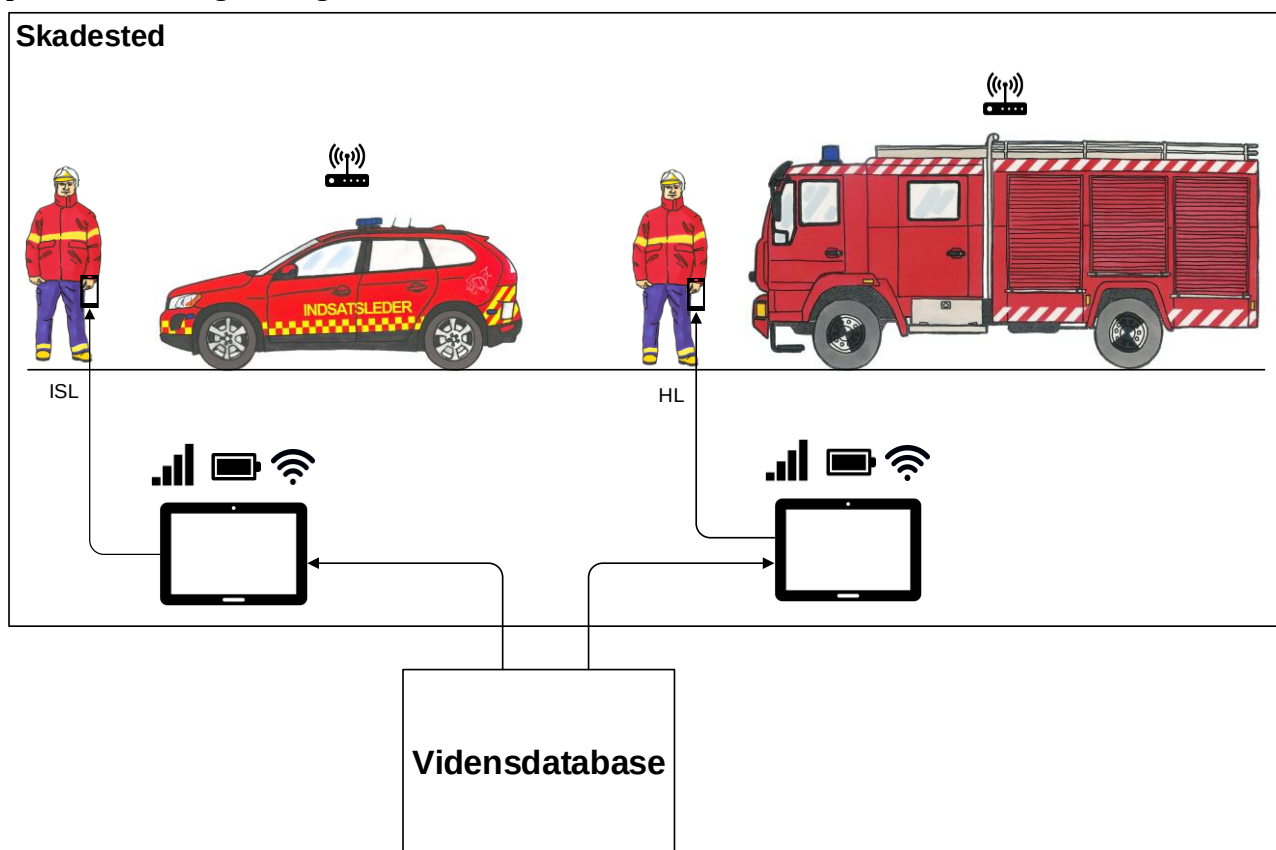
"Vagtcentralen skal være en støttefunktion og have en indgående forståelse for det arbejde, som foregår på skadestedet og være en medspiller i forhold til løsningen af opgaven. Fx ved at kunne formidle oplysninger om de aktive brandsikringsanlæg, adgangsveje, nærmeste pålidelige vandforsyning samt finde relevante oplysninger fra GIS, herunder antal tilmeldte på folkeregisteradressen, stik- og forsyningsledninger for naturgas og lignende" (Nordjyllands Beredskab, 2018a)

⁸ Indsatsledere for redningsberedskabet er dem, der varetager redningsberedskabets tekniske ledelse på et skadested.

Det viser altså, at Nordjyllands Beredskab – foruden Danske Beredskaber – ser et behov for anvendelsen af GIS i operationelt øjemed. Den risikobaserede dimensionering lægger også vægt på ”*rettidig og rigtig indsats, når beredskabet rykker ud*” (Nordjyllands Beredskab, 2018a) (egen fremhævelse), og dette stemmer overens med de for projektet indsamlede kravspecifikationer, hvor der er blevet udtrykt behov for dynamisk disponering af mandskab og materiel. Det vurderes, at informationer fra BIM-modeller har potentiale for at være værdiskabende for denne indsatsvurdering. I det følgende afsnit undersøges de tekniske krav til en fremtidig løsning. Denne analyse har fokus på de praktiske og teknologiske faktorer, som har indflydelse på løsningens effektivitet.

3.3 Tekniske krav til løsning

Forrige afsnit klarlægger de informationsbehov redningsberedskabet har, men angiver ikke de fysiske artefakter, som kræves for at opfylde disse behov. De fysiske artefakter og forudsætningerne for anvendelse af disse er afklaret gennem en analyse af den fysiske model, som præsenteres i det følgende. Den fysiske model viser de konkrete teknologiske artefakter, som er nødvendige for at få et funktionelt løsningsforslag. På baggrund af interviews og workshops er de fysiske behov identificeret til et potentielt løsningsforslag.

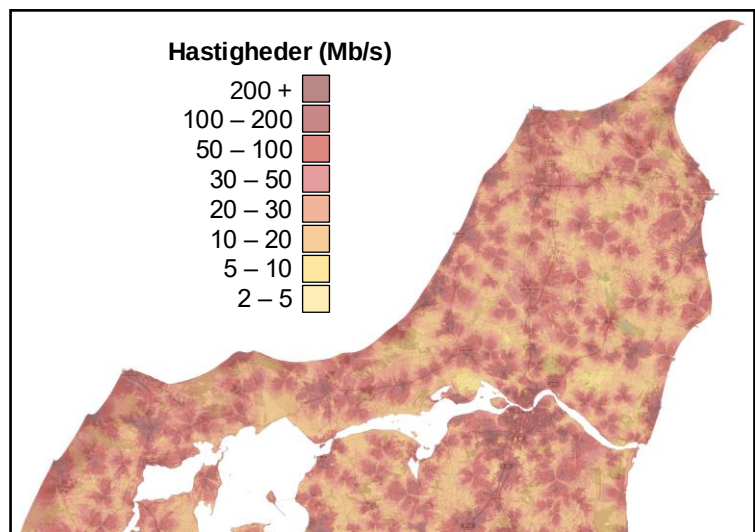


Figur 3-4: Model over redningsberedskabets fysiske behov til en vidensdelingsløsning. Dele af illustrationen er baseret på Ludvigsen (2009).

Redningsberedskabets fysiske behov udtrykkes ved hjælp af en fysisk model, som angivet på figur 3-4. Mange af de identificerede krav fra brugerne er relateret til data og deres tilgængelighed. Tilgængeligheden kan opnås ved brug af transportable enheder til at vise informationerne – eksempelvis tablets. Tablets kan dog have relativt begrænset lagerplads, hvorfor der er behov for opbevaring af data på eksterne lagre. Disse lagre kan være lokale eller ”i skyen” (opbevaring af data hos eksterne datacentre, som tilgås over internettet).

Et kritisk succeskriterie for produktet er datatilgængelighed. Beredskabets indsatser kan foregå alle steder i landet, og det betyder, at de nødvendige data skal være tilgængelige overalt. Der er forskellige tilgange hertil, og alle tilgange har fordele og ulemper forbundet med anvendelsen.

Den første mulighed er en mobil internetforbindelse, som synkroniserer den nødvendige data i realtid. Dette sikrer et korrekt og opdateret informationsgrundlag for indsatslederen, som anvender disse data. Ulempen er, at det kræver en konstant internetforbindelse (2G, 3G, 4G mv.) med en hastighed, der faciliterer, at informationerne kan downloades forholdsvis hurtigt, så de er tilgængelige på en tablet eller anden håndholdt enhed. Denne forbindelse er ikke givet – specielt i eksempelvis landdistrikter og skove kan en mobil internetforbindelse være



Figur 3-5: Dækningskort for mobildatanetværket i Nordjylland, som udbydes af YouSee pr. november 2018. Baseret på YouSee (2018).

svær at opnå. Figur 3-5 viser et dækningskort for en teleudbyder, og heraf kan aflæses, at der uden for de større byer kan opleves lave hastigheder på 2-20 Mb/s.

Den anden mulighed er, at udrykningskøretøjerne har lokale kopier af alle (eller dele af) informationerne lagret på harddiske, som er fysisk tilgængelige i bilerne og kan tilgås med et midlertidigt lokalt netværk på skadestedet. Det vil sikre en bedre tilgængelighed af informationerne – indsatslederen er således ikke længere afhængig af en mobil internetforbindelse – men på den anden side er det ikke garanteret, at informationerne er opdateret. En løsning herpå kan være en kobling af de to muligheder: lokale kopier, som kan tilgås, hvis der ikke er internetforbindelse. De lokale kopier kan fungere som backup-datakilde og blive anvendt i tilfælde af, at der ikke kan oprettes forbindelse til internettet.

4 Potentialeundersøgelse

På baggrund af interviews med interessenter inden for projektets problemfelt er det identificeret, at GIS kombineret med relevante byggetekniske informationer kan medvirke til et bedre taktisk beslutningsgrundlag på et skadested (appendiks 1, appendiks 2 og appendiks 3). Foruden interviewdeltagerne, angiver brancheorganisationen Danske Beredskaber, at der er et potentiale i anvendelsen af GIS til formidling af informationer internt hos det enkelte redningsberedskab (Danske Beredskaber, 2018d). I dette afsnit undersøges eksisterende forskning og allerede anvendte teknologiske løsninger, som kan understøtte projektet og anvendes i løsningen af problemfeltet.

GIS på tværs af faser

Tidligere forskning viser, at GIS har stort potentiale i forbindelse med beredskabsledelse på tværs af beredskabsmæssige faser, fra forebyggelse til afhjælpning og erfaringsopsamling (Stoimenov, Milosavljević, & Stanimirović, 2007; Vakalis, Sarimveis, Kiranoudis, Alexandridis, & Bafas, 2004). Diverse studier (Ozbek, Zlatanova, Aydar, & Yomralioglu, 2016; Stoimenov et al., 2007) angiver en firdelt faseopdeling: *forebyggelse, forberedelse, respons og genopretning* (frit oversat fra engelsk), kaldet *Disaster and Emergency Management* (katastrofe- og nødhåndtering). Disse beskrives i det følgende med perspektivering til de danske beredskaber.

- **Forebyggelsesfasen** omhandler forebyggelse af hændelser, herunder strukturelle foranstaltninger (eksempelvis kystsikring) og ikke-strukturelle foranstaltninger (eksempelvis lovgivning og byggesagsbehandlinger). For det enkelte kommunale beredskab vil både de strukturelle og ikke-strukturelle foranstaltninger være aspekter, som kan påvirkes ved GIS-baserede analyser: kystsikringer kan bestemmes på baggrund af observerede kystændringer, og byggesagsbehandlinger kan foretages på baggrund af blandt andet omkringliggende bygninger og anvendelseskategori.
- **Forberedelsesfasen** omhandler planlægning og træning af beredskabspersonel. Specielt planlægningsdelen af denne fase kan støttes af GIS grundet de potentielt store mængder af data, som en GIS-platform kan indeholde og analysere, hvor eksempelvis kortlægning af brandhænetværket og deres vandforsyning i London bruges til at vurdere brandrisikoen for bygninger i en bydel – angivelse af brandhanerne giver redningsberedskabet mulighed for at identificere og planlægge vandforsyning til brandslukningen (Ronan & Teeuw, 2016).
- **Responsfasen** omhandler den faktiske udrykning til hændelser, eksempelvis ved brand i en bygning. GIS kan være et værktøj for de kommunale redningsberedskaber på flere forskellige måder i forbindelse med udrykningen, blandt andet ruteplanlægning på baggrund af trafikanalyser, adgangsforhold rundt om bygningen og brandhaneadgang. Forberedelses- og responsfaserne danner tilsammen i høj grad grundlag for de kommunale redningsberedskabers risikobaserede dimensionering, men en tilstrækkeligt indarbejdet genopretningsfase (beskrevet herunder) kan desuden være beslutningsgrundlag – eksempelvis via efterfølgende erfaringsopsamlinger.

- **Genopretningsfasen** omhandler arbejdet efter en hændelse, både de fysiske processer som eksempelvis genopbygning af bygninger, men også refleksion og læring på baggrund af observationer og erfaringer fra responsfasen. For et kommunalt beredskab kan det være interne erfaringsudvekslinger, som kan være grundlag for mere hensigtsmæssige udrykninger i fremtiden. Denne mulighed mangler stadig i høj grad for de danske kommunale redningsberedskaber (appendiks 1).

GIS kan bistå beredskaberne på forskellig vis afhængig af den pågældende fase. Dette projekt vil primært beskæftige sig med forberedelses- og responsfasen og de muligheder, som informationsudvekslinger herimellem kan give.

GIS kan ligeledes inddeles i eksplicitte og implicitte informationer, hvor de eksplicitte informationer (eksempelvis topografiske kort og lignende geodata) samt de implicitte informationer (eksempelvis demografiske data, trafikdata eller hændelsesdata) kan kombineres på forskellige måder afhængig af behov (Stoimenov et al., 2007). Det kan blandt andet være analyse af tidligere hændelsesdata ved de enkelte beredskaber, som kan være med til at forberede beredskabet på fremtidige hændelser, hvilket derudover kan være basis for beredskabernes brandtekniske dimensionering.

Beredskabstyper

Redningsberedskaber arbejder ikke kun med slukning af bygningsbrande. I 2017 var 58% af de kommunale redningsberedskabers udrykninger brandrelaterede (enten brand eller overhængende fare for brand). Af disse udrykninger var 56% bygningsbrande og 44% ikke-bygningsbrande (naturområder, infrastruktur mv.). Operationelt er GIS specielt anvendeligt ved naturkatastrofer som skovbrande ved kortlægning af områders højdeforskelle, naturens brændværdi (træer, buske og/eller græs) og vejforhold (Vakalis et al., 2004) samt menneskeskabte ulykker som eksempelvis olieudslip (Ivanov & Zatyagalova, 2008) og trafikuheld (Shafabakhsh, Famili, & Bahadori, 2017).

Det kan således med rimelighed konkluderes, at værdiskabelsespotentialet for implementeringen af GIS i beredskaberne strækker sig ud over bygningsbrande og lignende bygningsrelaterede hændelser. Selvom de andre hændelsestyper ikke er i fokus under udarbejdelsen af dette projekt, vidner det om, at en fremtidig implementering af GIS kan være værdiskabende i mange aspekter af beredskabernes indsatsstyper.

Standardisering af GIS

Der er et stort potentiale for værdiskabelse ved ensretning af data i større organisationer (International Electrotechnical Commission, 2000), og dette potentiale gælder også for GIS-platforme (Kresse, 2004). Dette potentiale anerkendes også af ISO, som har nedsat en teknisk komité, ISO/TC 211, med henblik på standardisering af geospatiale data (ISO, 2018) i samarbejde med Open Geospatial Consortium (OGC) m.fl. (ISO/TC 211, 2017).

Danske Beredskaber forsøger med udviklingen af grunddatamodellen at sikre en ensretning af datastrukturering på tværs af de enkelte kommunale redningsberedskaber. Formålet er at *"sikre at data kan udveksles uden behov for konvertering og på kendte standard protokoller"* (Danske Beredskaber,

2018a). Grunddatamodellen er tilpas overordnet til, at beredskaberne ikke låses til bestemte software-løsninger (det er en af idéerne ved den overordnede definition af modellen (appendiks 1)), og det giver potentiale for mindre en omkostningstung implementering af en GIS-plattform i det enkelte beredskab; proprietære softwareløsninger som ESRI's ArcGIS-plattform⁹ har licensudgifter forbundet med brug, hvorimod open source-løsninger som QGIS er gratis at anvende.

Selvom grunddatamodellens formål er ”ensretning af dataudveksling”, er det ikke utænkeligt, at der kan opstå interoperabilitetsproblemer ved dataudveksling mellem beredskaber, som anvender forskellige GIS-plattformer. Grunddatamodellen (pr. den offentligt tilgængelige version 1.1) specificerer eksempelvis ikke, hvilke filformater som informationerne skal lagres i: eksempelvis gemmer ArcGIS Pro som standard lagfiler i formatet .lyr eller .lyrx, og disse filer understøttes ikke af QGIS. I dette projekt anvendes shapefiler (.shp og tilhørende filer – beskrives yderligere i afsnit 5.1.1), som er en de facto-standard for lagfiler (Zlatanova, Stoter, & Isikdag, 2012), der understøttes af ArcGIS, QGIS mv.

Beredskabsmæssig anvendelse af BIM-modeller

Tidligere forskning har undersøgt, hvorledes GIS-teknologi kan understøtte redningsberedskabets arbejde: det undersøgte beredskab udarbejder såvel online- som offlinekort til brug ved indsatser. Dele af redningsberedskabet kan ved indsatserne operere i områder med dårlig internetforbindelse, hvorfor et offlinekort kan være nødvendigt, hvis der er dårlig eller ingen internetforbindelse til download af onlinekortene (Martín-Gómez, Vergara-Falces, & Elvira-Zalduogui, 2015).

I indledningen (afsnit 1) er det belyst, at en BIM-model indeholder andet end blot geometrisk data om bygningen. Bygningsmodellen indeholder også attributdata, som kan være relevante i forbindelse med design af bygningers brandforhold. 3D-modellerne indeholder en stor mængde informationer, som kan understøtte beredskabsplanen for den pågældende bygning, og desuden kan de bidrage ved at give en rumlig forståelse for bygningens adgangsforhold og indretning (Bi, Wang, & Zhang, 2013). Et lignende forskningsprojekt har undersøgt potentialet i udarbejdelse af evakueringsplaner baseret på informationer fra BIM. Resultatet af undersøgelsen viser, at der er et potentiale for brandrådgiveren i anvendelse af BIM til udarbejdelse af evakueringsplaner for bygninger på baggrund af de lagrede attributdata i BIM (Stančík, Macháček, & Horák, 2018).

Potentiale for kobling af BIM og GIS

BIM og GIS er umiddelbart adskilte systemer: BIM er detaljerede tredimensionelle bygningsmodeller, og GIS er et (sammenlignet med BIM) udetaljeret todimensionelt (med mulighed for tre dimensioner) system til visning, analyse og manipulation af geografiske informationer. Der er dog visse ligheder mellem de to systemer: de indeholder begge store mængder data, som kan læses og bearbejdes, og begge har i højere eller lavere grad relationer til bygninger.

⁹ Blandt andet Beredskab Øst (appendiks 1) anvender denne løsning ved udarbejdelsen af dette projekt.

ESRI muliggør med ArcScene, som er en del af ArcGIS-pakken, en elementær ”kobling” af BIM og GIS. ArcScene giver mulighed for at åbne blandt andet IFC-filer, men der er begrænsede redigeringsmuligheder, og det er ikke umiddelbart muligt at kombinere 3D-modellen med kort i andre applikationer – heller ikke de andre programmer i ArcGIS-pakken.

CityGML, som er udviklet af OGC, er en XML-baseret datamodel til 3D-visninger af byer i GIS-platforme (OGC, 2012). Det betyder specifikt, at hensigten er en 3D-repræsentation af objekter i byer (heriblandt specifikt bygninger), hvilket gør CityGML til en potentiel kandidat som platform for koblingen af BIM og GIS. I praksis vil det sandsynligvis ikke medføre, at en hel by repræsenteres af meget detaljerede 3D-BIM-modeller på et kort – det vil være uhensigtsmæssigt ressourcetungt at håndtere med nuværende computerkapaciteter. Kiviniemi (2014) stiller desuden det åbne spørgsmål: ”Information skal linkes og ikke indlejres – men hvordan?”. Der skal være links mellem decentraliserede datakilder (BIM-modeller, bykort, lokalplaner, bygningsdelsinformationer mv.), hvor data lagres eksternt og hentes efter behov. Dette princip er GIS baseret på.

Af ovenstående er det klarlagt, at der er et potentiale i anvendelse af GIS i diverse beredskabsmæssige sammenhænge, og at BIM-modeller af bygninger indeholder relevante informationer, som redningsberedskaberne kan anvende operativt. På den baggrund vurderes det, at en kobling af de to platforme kan være værdiskabende for de enkelte kommunale redningsberedskaber, hvor et GIS-system fungerer som platform for formidling af BIM-modellers informationer. Dette potentiale anerkendes desuden af Beredskab Øst, som undersøger mulighederne for indarbejdelse af BIM-data i deres GIS-plattform (appendiks 1).

I det følgende afsnit belyses de tekniske aspekter i et løsningsforslag med koblingen af GIS og BIM, herunder hvorvidt der er et potentiale i anvendelse af informationer fra BIM i et GIS-baseret system.

5 Tekniske aspekter

I de følgende afsnit belyses de tekniske aspekter for at klarlægge et muligt løsningsforslag på projektets problemfelt. I potentialeafsnittet fremgår det, at der er et potentiale i anvendelse af GIS hos redningsberedskabet i forskellige henseender. Derudover fremgår det, at der er et potentiale i anvendelsen af informationer, som er lagret i BIM. Begreberne GIS og BIM undersøges derfor mere detaljeret i det følgende, og herefter beskrives potentialet for kobling af de to gennem analyse af interoperabilitet.

5.1 Geografisk informationssystem – GIS

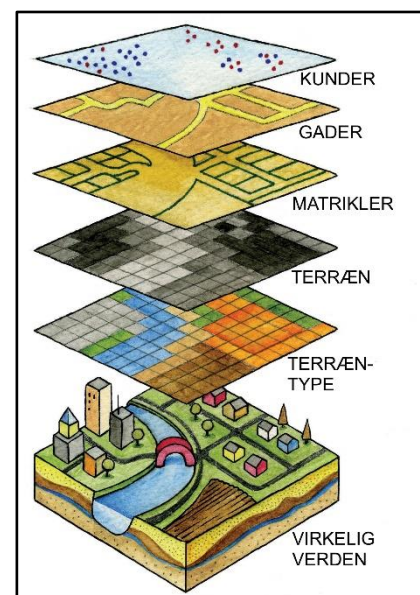
GIS er et system, som kombinerer georefererede data med kort, hvilket kan have talrige anvendelsesmuligheder. I det følgende belyses, hvad GIS er og dets anvendelsesmuligheder. Afsnittet tager udgangspunkt i Saylor Academy (2012).

Et GIS-program giver mulighed for at redigere, behandle, gemme og præsentere data og oplysninger – for eksempel et kort. En del softwareudbydere udbyder GIS-programmer, hvoraf de mest anvendte er QGIS, ArcGIS, GeoMedia og MapInfo (Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2018).

Alle typer af GIS-programmer består af et databasehåndteringssystem, der er i stand til at håndtere to typer af data, henholdsvis spatiale data og attributdata. Spatiale data (benævnes også geospatiale data) refererer eksklusivt til geografiske genstande, herunder gader, bygninger, søer og lande med deres respektive placeringer. Foruden informationer om placering indeholder genstandene også attributdata, f.eks. navn eller befolkningstal. GIS-software er i stand til at håndtere både spatiale data og attributdata, hvilket giver mulighed for at sammenholde og forbinde disse to datatyper i forbindelse med analyser.

Data i GIS bliver præsenteret i en lagstruktur, hvor hvert lag repræsenterer et tema: for eksempel kan et lag repræsentere et forsyningsselskabs fjernvarmeledninger – princippet er vist på figur 5-1. I appendiks 5 fremgår nogle anvendelsesmuligheder af open source-programmet QGIS i relation til vidensdeling og analyse hos et redningsberedskab.

Data, som anvendes i GIS-software, lagres i forskellige typer af datamodeller. De to væsentligste datamodeller belyses i næste afsnit.



Figur 5-1: Lagopbygning i GIS. Baseret på Saylor Academy (2012).

5.1.1 Datamodeller

I GIS anvendes primært to typer af datamodeller til visualisering af kortmateriale. De to datamodeller er henholdsvis vektor- og rasterdata. Geospatiale data gemmes i forskellige filformater afhængig af, om det er vektor- og rasterdata. De hyppigst anvendte filformater for de to datamodeller belyses i det følgende.

Vektordata

Der forefindes tre grundlæggende vektortyper i relation til GIS: punkter, linjer og polygoner¹⁰. Et punkt indeholder ét koordinatsæt, som typisk anvendes ved en lavdetaljeret repræsentation af eksempelvis brønde eller bygninger; linjer repræsenterer koblingen af flere koordinatpunkter og anvendes eksempelvis ved visualiseringer af forsyningsselskabers ledningsnet; polygoner repræsenterer flere linjer, som tilsammen udgør et areal, og kan anvendes til visning af diverse arealer som matrikler eller søer. Vektordata har, i modsætning til rasterdata, ingen opløsning og kan således skaleres vilkårligt meget uden at miste detaljering.

Shapefiler

Det mest almindelige filformat, når der arbejdes med vektorer, er shapefiler (Zlatanova et al., 2012). Shapefiler er udviklet af ESRI¹¹ i begyndelsen af 1990'erne til at gemme placeringer og attributdata om geografiske informationer. Det følgende tager udgangspunkt i ESRI's tekniske beskrivelse af shapefiler (ESRI, 1998).

Shapefiler består ikke af én fil, men en samling af forskellige filer. De obligatoriske filer er SHP-, SHX- og DBF-filer, som belyses kort i det følgende.

- **SHP-filen** er primærfilen, som indeholder de geografiske data for filens objekter. Shapefilens data gemmes som et sæt vektorkoordinater, som tilsammen kan udgøre punkter, linjer og polygoner. Shapefilen indeholder kun koordinater til vektorpunkter, og det er indeksfilen, der sorterer i disse koordinater (USNA, 2018). En shapefil kan kun indeholde én vektortype – andre vektortyper skal gemmes i separate shapefiler.
- **SHX-filen** er indeksfilen, som bearbejder og sorterer shapefilens koordinatpunkter. Den indeholder blandt andet afgrænsningsområde for shapefilen (informationer om nordligste, sydligste, vestligste og østligste punkter for den specifikke shapefil), antallet af elementer i shapefilen samt længden (antallet af punkter) af hvert element.
- **DBF-filen** er databasefilen, som indeholder de attributdata, som shapefilen anvender. Databasefilen, som dens navn også antyder, minder konceptuelt meget om en databasetabel med rækker og kolonner, hvor hver række er relateret til ét element i shapefilen. DBF-filer er baseret på dBase IV-programmets databaseformat¹² fra 1988.

¹⁰ Der findes flere vektortyper, men disse tre er de mest gængse (ESRI, 1998).

¹¹ Environmental Systems Research Institute (ESRI) er softwareudbyder til geografiske informationssystemer. ESRI udbyder blandt andet programmet ArcGIS.

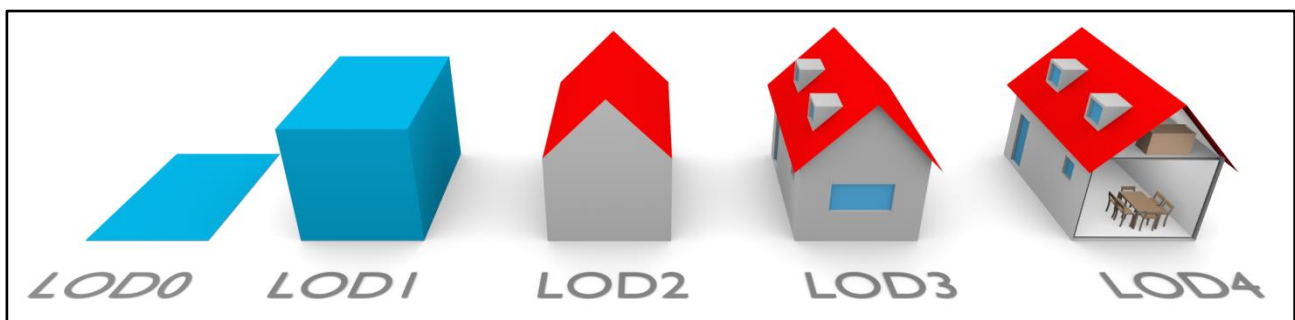
¹² dBase IV er stadig i dag notorisk for de mange fejl og problematikker, som programmet indeholder.

Da shapefiler er en relativt gammel filstandard, er det ikke overraskende, at der er begrænsninger ved formatet. Blandt de største kritikpunkter er, at det er et multifilformat, at det har dårlig 3D-support og at det er et proprietært format. DBF-filen har også nogle tekniske begrænsninger, heriblandt at attributnavne er begrænset til 10 tegn, og at filen ikke kan indeholde mere end 255 attributværdier (Cepicky, 2017).

Der findes forskellige mere moderne og åbne filformatstandarder, heriblandt GeoJSON, GeoPackage og Spatialite. Et nyt alternativ til dette er CityGML, som er en 3D-baseret repræsentation af byer, heriblandt eksempelvis bygninger, veje og broer. Dette format kan potentielt have værdi for dette projekt og gennemgås i det følgende.

CityGML

Offentlige organisationer benytter i stigende grad 3D-landskabsmodeller til planlægning og analyse af eksempelvis oversvømmelser ved højvande og lignede. Den mest udbredte offentlige standard til lagring af 3D-landskabsmodeller er CityGML, og den har ligeledes anvendelsesmuligheder i forbindelse med beredskabsmæssige indsatser (Gröger & Plümer, 2012).



Figur 5-2: LOD-grader i CityGML – fra LOD0 til LOD4. Baseret på Biljecki, Ledoux, & Stoter (2014) samt Donkers, Ledoux, Zhao, & Stoter (2015).

CityGML er en åben standard, som vedligeholdes og udvikles af OGC og er baseret på XML-formatet (OGC, 2012).

CityGML understøtter forskellige detaljeringsniveauer (betegnet LOD – *levels of detail*, som også anvendes i byggebranchen), hvilket gør det muligt at visualisere CityGML-objekter i forskellige detaljeringsniveauer. I det følgende beskrives de forskellige detaljeringsniveauer:

LOD0 repræsenterer grundplanen af et objekt, hvortil der kan kobles attributinformationer som højder og er det eneste detaljeringsniveau i 2D (Ohori, Biljecki, Kumar, Ledoux, & Stoter, 2018). LOD1 kobler højdeinformationen til objektet og skaber 3D-repræsentationen i form af et blokmodul. LOD2 repræsenterer LOD1 samt de væsentligste former på tagkonstruktioner af bygninger. LOD3 tilføjer arkitektoniske elementer som facadedetaljer og -åbninger (Biljecki, Heuvelink, Ledoux, & Stoter, 2018). LOD4 er den mest detaljerede model i CityGML og består af LOD3-objekter inklusiv objektets indvendige elementer som vægge og møblering (Ohori et al., 2018).

LOD3- og LOD4-modeller har et potentiale for at blive genereret på baggrund af bygningsmodeller (Donkers et al., 2015), da bygningsmodeller i sig selv indeholder en høj detaljeringsgrad.

Sammenligning af shapefiler og CityGML-filer

De to filtyper har begge fordele og ulemper forbundet med deres brug. Sammenlignet med shapefiler er CityGML-filer meget mere ressourcetunge, hvilket er illustreret i eksemplet i tabel 5-1 nedenfor – eksemplet viser alle bygninger i to tilsvarende udsnit af byen Delft i det sydlige Holland – til venstre er de vist i shapefil-format, til højre i CityGML-format.

Shapefil	CityGML
	
Filstørrelse: 16.829 KB Filstørrelse pr. objekt: 2,11 KB ¹³	Filstørrelse: 247.529 KB Filstørrelse pr. objekt: 31,05 KB

Tabel 5-1: Sammenligning af filstørrelser for en shapefil og CityGML-fil med tilsvarende dataindhold.

CityGML-filen er LOD1 og er derfor ikke specielt detaljeret. Shapefilen og CityGML-filen indeholder begge den samme mængde basale attributdata i form af globale id-værdier og lignende. Der kan herudfra ses, at CityGML er et langt mere ressourcekrævende format, og en af de primære årsager til det er sandsynligvis, at CityGML, i modsætning til shapefiler, er menneskelæsbare, idet de er baseret på XML, hvilket medfører store mængder data i form af opmærkningssyntaks. Det må desuden antages, at LOD2, LOD3 og LOD4 er endnu mere ressourcekrævende, hvilket gør disse detaljeringsniveauer specielt uegnede i forbindelse med dette projekt.

Det store ressourceforbrug, som er forbundet med CityGML-filer, gør dem umiddelbart uegnede til anvendelse i dette projekt, idet der i afsnit 3.2 og 3.2.2 er identificeret behov for tabletadgang via mobilnetværk, hvilket kan blive en uhensigtsmæssig kombination med de store CityGML-filer.

Rasterdata

Rasterdata består af rækker og kolonner (det vil sige en matrix) bestående af pixels, som tilsammen danner en helhed, som afbilder en figur, et billede eller lignende. Hver pixel indeholder én farveværdi, hvorfor rasterdata klassificeres som et gitterbaseret system.

¹³ Shapefilen i dette eksempel er blot en konverteret CityGML-fil. En tilsvarende shapefil for hele provinsen Sydholland, som Delft er en del af, har en filstørrelse pr. objekt på 0,33 KB – altså næsten hundrede gange mindre end CityGML-objekter.

Rasterformater kendes typisk fra billeder, hvor kendetegnet er, at desto mere der zoomes i billedet, desto mere utydeligt bliver billedet, idet opløsningen ikke ændres. Rasterformater kan f.eks. være JPEG-, BMP- og TIFF-filformater. Forskellige typer rasterfilformater belyses i det følgende.

Rasterfilformater

Filstørrelsen (og dermed kvaliteten) af rasterfiler afhænger af mange faktorer, hvoraf de to mest prominente, foruden opløsning, er farvedybde og kompression (Jackson, 2015). Farvedybde refererer til antallet af tilgængelige farver for hver pixel og er typisk 8-bit (256 farver) eller 24-bit (16,8 millioner farver)¹⁴.

Rasterfilers størrelse afhænger desuden af deres opløsning, og høje opløsninger kan medføre uensigtsmæssigt store filer, hvorfor filerne typisk komprimeres. Der findes to komprimeringstyper: *lossless* og *lossy*. *Lossless* komprimering gemmer filens informationer, som de faktisk er, hvilket modvirker informationstab (og derved bibeholdes billedkvaliteten), hvorimod *lossy* komprimering gemmer billedet således, at filstørrelsen bliver mindre, hvilket sker på bekostning af billedkvaliteten. Blandt de mest anvendte rasterformater er TIFF og PNG (*lossless*) samt JPEG (*lossy*).

JPEG-, TIFF-, og PNG-formaterne har ikke georefererede data, hvorfor de ikke kan anvendes til geospatial kortlægning. Førrend dette er muligt, skal en *world file* oprettes, som er en separat tekstfil med informationer, som gør det muligt at tilknytte billedet til et koordinatsystem (Pawlowicz, 2007). World file-formater for de tre nævnte rasterfilformater er: JPW for JPEG-filer, TFW for TIFF-filer og PGW for PNG-filer.

5.1.2 Webservices

Data, som er oprettet i et GIS-program, kan distribueres og deles på mange forskellige måder via en server. Der forefindes dels open source-serverløsninger (eksempelvis GeoServer), men også betalingsløsninger (eksempelvis indbyggede funktioner i ArcGIS Enterprise).

I ovenstående afsnit er to datamodeller beskrevet, og i det følgende belyses, hvorledes disse typer af data kan distribueres. Disse lag gemmes (ofte) lokalt på en computer, men via serverløsninger er der mulighed for at distribuere og dele informationerne offentligt eller med en begrænset brugergruppe. Ligeledes er der også omvendt mulighed for at indhente data fra eksterne kilder, som kan integreres i lokale projekter.

Der forefindes forskellige muligheder for deling af data, herunder *Web Map Service* og *Web Feature Service*, som er udviklet på baggrund af OGC-standarderne. Fælles for begge services er, at de er baseret på en server- og klientdel. Serveren modtager en forespørgsel fra klientdelen, som på baggrund af forespørgslen sender relevant data tilbage til klienten fra serveren.

Web Map Service (WMS) er i stand til at distribuere rasterdata, hvorfor en forespørgsel til en WMS-server vil give et bitmap (f.eks. JPEG eller PNG) som respons (Alexandersen, Laursen, Nørmølle, Overgaard, & Stenstrup, 2004).

¹⁴ 24-bit skrives også 2²⁴, svarende til 16.777.216, kaldes også *true color* og er i dag den langt mest udbredte farvedybde af rastergrafik. I et RGB-system (*red-green-blue*) har hver af de tre farvekanaler 256 værdier.

Web Feature Service (WFS) er i stand til at distribuere vektordata i form af geometri- og attributdata. WFS er i stand til tovejskommunikation, hvilket giver brugere mulighed for at redigere, tilføje og slette data. Dette er muligt, idet GML-formatet anvendes til udveksling (Overgaard, Rejkjær, Kramhøft, Stenstrup, & Pedersen, 2004).

5.1.3 Danske Beredskabers Grunddatamodel

Som tidligere beskrevet udvikles en grunddatamodel af en netværksgruppe hos Danske Beredskaber. Grunddatamodellen skal sikre en harmoniseret løsning til udveksling af data mellem redningsberedskaberne uden behov for konvertering af denne data. På nuværende tidspunkt omfatter grunddatamodellen fem temagrupper, hvor det er defineret, hvorledes informationer i de fem temagrupper skal organiseres. Temagrupperne fremgår af tabel 5-2.

På baggrund af interviews med en medarbejder fra Beredskab Øst samt beredskabschefen fra Nordjyllands Beredskab er det klarlagt, at Danske Beredskabers Grunddatamodel er en model, som udvikles løbende. Aktuelt er version 1.1 fra april 2018 offentligt tilgængelig. Redningsberedskaberne er i fællesskab startet med at oprette og udvikle grunddatamodellen på de områder, som umiddelbart er mest væsentlige for redningsberedskaberne på nuværende tidspunkt. Danske Beredskabers Grunddatamodel er derfor ikke en statisk model, men et dynamisk værktøj, som med tiden udvikles og ændres efter redningsberedskabernes behov (appendiks 1 og appendiks 3).

Temagruppe	Emne
100-199	Planer
200-299	Brandtekniske installationer
300-399	Adgangsforhold
400-499	Vandforsyning
9900-10000	Andet

Tabel 5-2: Temagrupper i Danske Beredskabers Grunddatamodel (Danske Beredskaber, 2018d).

5.2 Building Information Model – BIM

I det følgende beskrives begrebet BIM, både som en arbejdsproces (*Building Information Modeling*) og det resulterende produkt (*Building Information Model*), som anvendes indenfor byggebranchen. Afsnittet tager udgangspunkt i Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston (2011). Foruden beskrivelsen af begrebet BIM belyses, hvilke muligheder der forefindes for udveksling af data i en BIM-arbejdsproces. Formålet med dette afsnit er at afklare grundlæggende koncepter med relation til BIM, som skal udnyttes og anvendes i den senere bearbejdelse af projektet.

Formålet med BIM-arbejdsprocessen er indsamling og lagring af data i forbindelse med projektering af et byggeri eller en anlægskonstruktion. Resultatet heraf er en 3D-bygningsmodel, som kan være konceptuel eller informativ. En konceptuel bygningsmodel består udelukkende af informationer om bygningens geometri, hvorimod en informativ model både indeholder informationer om bygningens geometri samt attributdata om anvendte elementer i bygningen. 3D-bygningsmodellerne udarbejdes via CAD-programmer, som er i stand til at foretage parametrisk modellering – eksempelvis Autodesk Revit. Resultatet af parametrisk modellering er 3D-bygningsmodeller med 3D-objekter, der har relationer til hinanden. Foruden relationer til hinanden indeholder 3D-objekterne også parametre og attributdata.

Problemstillingen i afsnit 1.1 præsenterede MacLeamy-grafen (figur 1-1), som illustrerer hvorledes BIM-arbejdsprocessen er medvirkende til, at arbejdsbyrden (og produktionen af informationer) fremrykkes til de tidlige faser ved projekteringen. Dette er muligt, idet CAD-programmer er i stand til at genere 3D-bygningsmodeller med attributdata og understøtter en tidlig indsamling heraf. BIM-arbejdsprocessen understøtter potentialet for anvendelse af indsamlet data i andre sammenhænge, hvorfor det vurderes, at der er et potentiale i anvendelse af disse informationer hos redningsberedskaberne. Ved en BIM-arbejdsproces er det af væsentlig betydning, at den enkelte organisation anvender programmer og procedurer, som understøtter processen. BIM kan kategoriseres indenfor tre kategorier: BIM-miljø, -platform og -værktøj. De tre kategorier belyses i det følgende.

- **BIM-miljø** er organisationens procedurer for anvendelse af BIM-teknologi. Foruden procedurer kan det eksempelvis være opbyggede biblioteker med standardkonstruktioner til genanvendelse under projektering.
- **BIM-platform** beskriver det primærprogram, som den enkelte organisation anvender til oparbejdelse af en bygningsmodels geometri og attributdata. Idet informationsniveauet løbende oparbejdes i bygningsmodellen, giver det et potentiale i anvendelsen af bygningsmodellen til forskellige analyser, herunder energi, indeklimate mv. Typiske BIM-platforme kan være Autodesk Revit og ArchiCAD.
- **BIM-værktøjer** er programmer udviklet til specifikke opgaver. Eksempler herpå kan være kollisionskontroller og energianalyser. For at et BIM-værktøj kan udføre en given analyse, er der behov for data, som kan importeres via interoperabilitet mellem applikationerne, herunder BIM-platformen.

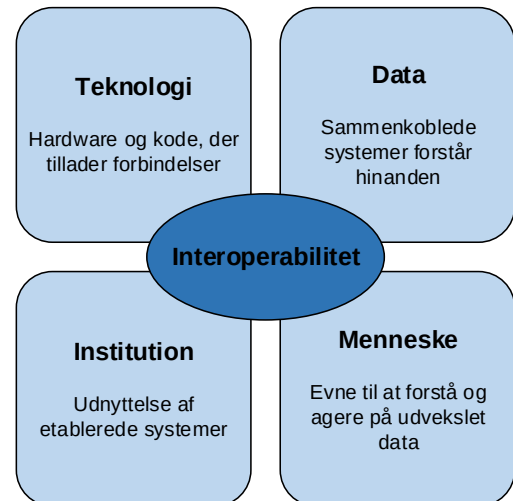
De forskellige niveauer af BIM, som er gennemgået ovenfor, giver et udgangspunkt for en problemstilling: der er flere udfordringer forbundet med kommunikationen mellem de forskellige BIM-platforme, som anvendes i byggebranchen (ligeledes kan der være udfordringer med kommunikationen mellem BIM-platforme og -værktøjer) (Laakso & Kiviniemi, 2012). Løsningen på disse problemstillinger belyses i det følgende, hvor begrebet *interoperabilitet* præsenteres. Herefter beskrives *Industry Foundation Classes*, som er en åben datamodel, der ofte anvendes til dataudveksling på tværs af BIM-platforme.

5.3 Interoperabilitet

Interoperabilitet er en betegnelse for evnen til udveksling og anvendelse af data på tværs af systemer eller applikationer. Interoperabilitet kan være en medvirkende faktor i automatisering af arbejdsprocesser i form af minimering af manuel indtastning af data mellem applikationer. Det følgende er baseret på Gasser (2015). Interoperabilitet fungerer på tværs af fire lag: *teknologi*, *data*, *institution* og *menneske*. Lagene *teknologi* og *data* er forholdsvis konkrete, da de omhandler nogle tekniske muligheder, begrænsninger og krav – lagene *institution* og *menneske* er mere abstrakte, men er på samme måde som *teknologi* og *data* forudsætninger for interoperabilitet.

De fire lag er defineret som følger:

- **Det teknologiske lag** omfavner de platforme og applikationer, som der skabes interoperabilitet mellem. Teknologisk interoperabilitet er baseret på platformens evne til at skabe forbindelser til eksterne platforme. Som eksempel herpå kan nævnes Autodesk's mange applikationer, som i høj grad har interoperabilitet på tværs.
- **Datalaget** omfavner de egentlige data, som udveksles af teknologien (applikationerne). Der findes forskellige typer af databaseret interoperabilitet, herunder "lukket" interoperabilitet med proprietære dataformater (eksempelvis Autodesk-udviklede formater som RVT og DWG), hvor kun bestemte applikationer kan udveksle data af denne type; derudover er der "åben" interoperabilitet med åbne dataformater (eksempelvis CSV- og IFC-formater), som har offentligt tilgængelige specifikationer, som frit kan anvendes af alle applikationer.
- **Det menneskelige lag** er et mere abstrakt og bredt felt – det refererer blandt andet til sprog og forståelse af omgivelserne for de aktører, som er involveret i processen. Personligheder og indstillinger kan ligeledes have indflydelse på interoperabiliteten (eksempelvis samarbejdsvillighed på projekter – denne skal være til stede, for at den tekniske interoperabilitet giver værdi).
- **Det institutionelle lag** er, som det menneskelige lag, et abstrakt koncept. Et eksempel herpå er gældende lovgivning, som sætter retningslinjer og begrænsninger for de aktører, som beskæftiger sig med den pågældende dataudveksling. Et andet eksempel er eksisterende infrastruktur som internettet, hvilket har en enorm indflydelse på de muligheder, der er for interoperabilitet.



Figur 5-3: De fire lag i interoperabilitet. Typisk er alle fire lag i spil. Baseret på Gasser (2015).

Generelt anvendes udtrykket interoperabilitet i de fleste tilfælde om udveksling af data på tværs af teknologier (altså kun med to af de fire lag i spil), men interoperabilitet forudsætter desuden en institutionelt støttet infrastruktur, som kan facilitere interoperabiliteten, samt et sæt kompetencer hos de personer, som arbejder med de data og den teknologi, som er i spil.

Der er såvel fordele som ulemper forbundet med interoperabilitet. En af de dobbeltsidede elementer er innovation: interoperabilitet kan på den ene side fordrer innovation, idet flere aktører kan være medbestemmende i forhold til interoperabilitetsstandardernes videreudvikling – som eksempel kan nævnes IFC-formatet (se også afsnit 5.3.1 nedenfor), som varetages af buildingSMART, der i sig selv består af forskellige aktører i den internationale byggebranche (buildingSMART, 2018a). På den an-

den side kan de fælles standarder, som udnyttes ved interoperabilitet, hæmme innovationen: byggebranchen, som har en udpræget lav grad af innovation og omstillingsparathed¹⁵, er kendetegnet ved udtrykket ”vi gør, som vi plejer” (Draborg, 2018), og det kan også gælde for anvendelsen af interoperabilitetsstandarder – når en standardmåde at udføre et arbejde på er implementeret (eksempelvis dataudveksling), kan det være ressourcetungt at ændre dette igen – især hvis standarden er implementeret af størstedelen af branchens aktører¹⁶. Da GIS-branchen har en meget lav grad af standardisering (Stoimenov et al., 2007), vurderes det dog, at yderligere tiltag for at øge interoperabiliteten mellem de forskellige platforme vil være værdiskabende for de pågældende aktører (Nedović-Budić & Pinto, 1999), herunder også tværorganisatorisk mellem de kommunale redningsberedskaber (Danske Beredskaber, 2018a).

5.3.1 Industry Foundation Classes – IFC

Byggebranchen (både i Danmark og i udlandet) er stærkt siloopdelt i forskellige fag. Groft set kan byggebranchen inddeles i tre overordnede dele: arkitekter, ingeniører og entreprenører – disse aktører kan desuden inddeles i mindre undergrupper: arkitektfaget indeholder eksempelvis bygningsarkitekter og landskabsarkitekter, ingeniørfaget indeholder blandt andet konstruktions-, VVS-, installations- og ventilationsingeniører, og entreprenører kan opdeles i utallige underentreprenører som murere, tømrere, elementproducenter mv. Det er ikke givet, at arkitektarbejdet i et projekt varetages af ét firma (og det samme gælder for ingeniør- og entreprenørarbejdet), og det betyder, at der ofte foregår kommunikation og koordinering mellem mange aktører gennem alle faser af et byggeprojekt. De forskellige aktører har forskellige arbejdsopgaver i projektet, og med de forskellige arbejdsopgaver følger også forskellige typer software til at udføre disse opgaver. De forskellige softwareplatforme kan have dårlig indbygget interoperabilitet med lignende (konkurrerende) platforme. Denne problemstilling er udgangspunktet for udviklingen af *Industry Foundation Classes*, som beskrives i det følgende. Afsnittet er baseret på Borrmann, Beetz, Kock, Liebich, & Muhic (2018).

Formatet *Industry Foundation Classes* (i det følgende IFC) er et format, som er specifikt udviklet til at imødekomme interoperabilitetsudfordringerne samt at sikre fremtidig adgang til informationerne i bygningsmodellerne (buildingSMART, 2018b). IFC er en åben standard, som udvikles og varetages af buildingSMART og kan frit anvendes til blandt andet dataudveksling på tværs af platforme. Den første offentligt tilgængelige version af IFC blev udgivet i 1997, og i 1998 blev version 1.5.1 som den første integreret direkte i forskellige BIM-platforme (Laakso & Kiviniemi, 2012). Den seneste

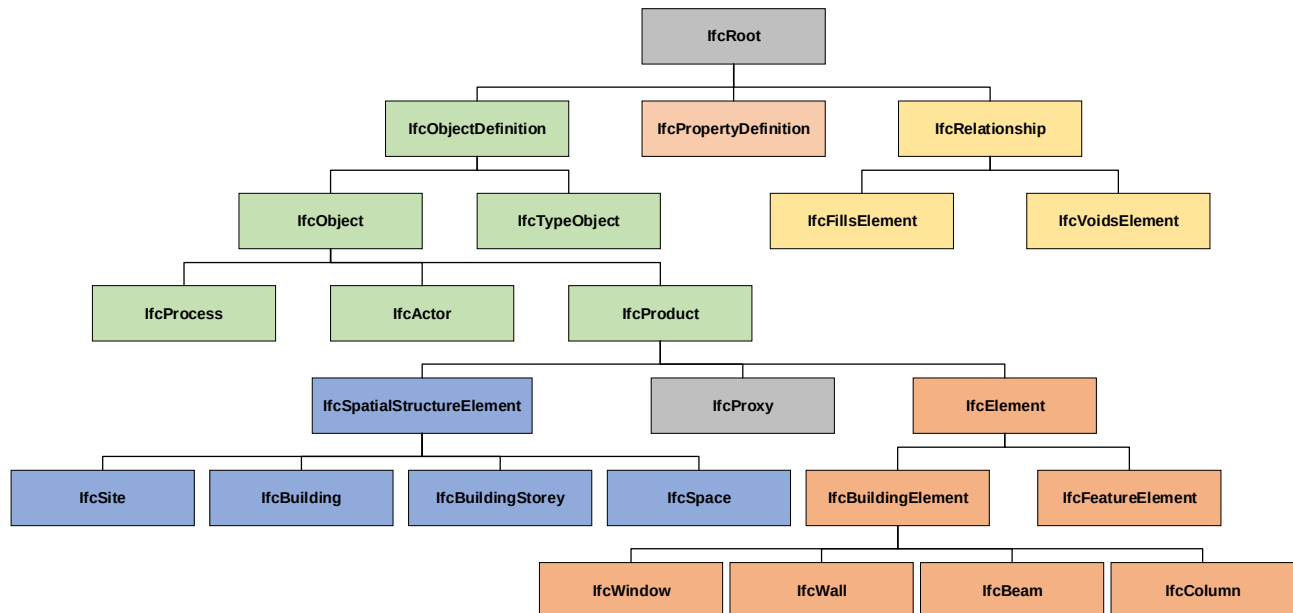
¹⁵ Jf. spørgeskemaundersøgelse fra 2010 af danske virksomheder i byggebranchen er de adspurgte overvejende uenige i, at den danske byggebranche er innovativ, og de er overvejende uenige i, at den danske byggebranche er omstillingsparat (Festersen, Jensen, & Jensen, 2010).

¹⁶ Et eksempel herpå er den danske byggebranches ensretning af dataudveksling, som jf. IKT-bekendtgørelsen omfatter IFC-filer som udvekslingsformat (Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2013).

version, IFC4, blev udgivet i 2013. IFC er baseret på EXPRESS, som er et deklarativt, objektorienteret datamodelleringsprog¹⁷.

En IFC-fil er overordnet opbygget af objekter og relationer mellem objekterne. Objekterne i IFC-filen er arrangeret i et hierarki (*inheritance hierarchy*), som definerer relationerne mellem objekterne, samt hvordan objekter nedarver og deler attributter på tværs.

Figur 5-4 viser et udklip af forskellige elementer i en IFC-fil samt deres indbyrdes relationer.



Figur 5-4: Udklip af nogle væsentlige elementer fra de øverste lag i hierarkiet i en IFC-fil. Baseret på Borrmann et al (2018).

Foruden de tekniske udfordringer med dataudveksling er der også lovmæssige udfordringer ved interoperabilitet. Ved offentligt støttede byggeprojekter i Danmark er der krav til, at projekterne opfylder kravene i IKT-bekendtgørelsen¹⁸ - heri er blandt andet specificeret krav til, at IFC-formatet anvendes til modeludveksling i de forskellige faser i byggeriet (Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2013). Disse krav eksisterer ligeledes i andre lande (Borrmann et al., 2018). Kravene til anvendelse af IFC-formatet ved offentligt støttede byggerier udspringer fra et ønske om, at de offentlige instanser, som har økonomiske interesser i projekterne, skal være upartiske i forhold til valg af BIM-platforme til udarbejdelse af projekterne. Denne upartiskhed kan ikke opnås, hvis der (eksempelvis) stilles krav til, at der udarbejdes modeller i Revit.

¹⁷ *Deklarativ* betyder, at sproget definerer en specifik struktur (datamodel), men intet kontrolflow (det vil sige, at EXPRESS ikke indeholder sekvenser og handlinger). *Objektorienteret* betyder, at informationerne er opdelt i objekter (grupper af relateret information). *Datamodelleringsprog* er et paradigme til at strukturere data (modsat programmeringsprog, der betegner struktureringen af programmer)

¹⁸ Den korrekte betegnelse er *Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri*, men "IKT-bekendtgørelsen" er det hyppigst anvendte udtryk for denne bekendtgørelse.

5.4 Python

Python er et platformuafhængigt open source-programmeringssprog, som har eksisteret siden 1991 og stadig aktivt vedligeholdes af Python Software Foundation (van Rossum, 2009). Python er et objektorienteret højniveausprog¹⁹ med fokus på god læsbarhed og simpel syntaks (Python Software Foundation, 2018).

Gængse GIS-platforme som ArcGIS og QGIS har indbygget Python-support til udvikling og anvendelse af plugins og scripts i GIS-projekter. Både QGIS og ArcGIS Pro indeholder desuden hver deres API til Python med diverse funktioner til analyse og bearbejdning af geospatiale data for at øge integrationen af Python. Python vurderes derfor som en oplagt kandidat som udgangspunkt til udvikling af scripts til GIS-plattformene, idet disse har en tæt integration af Python med stort potentiale for en tæt kobling af GIS-plattformen og Python-scriptet, som er udarbejdet i dette projekt. Der er således også potentiale for, at projektets Python-script kan omdannes til et plugin til enten QGIS eller ArcGIS. Dette diskuteres yderligere i afsnit 9.2.2.

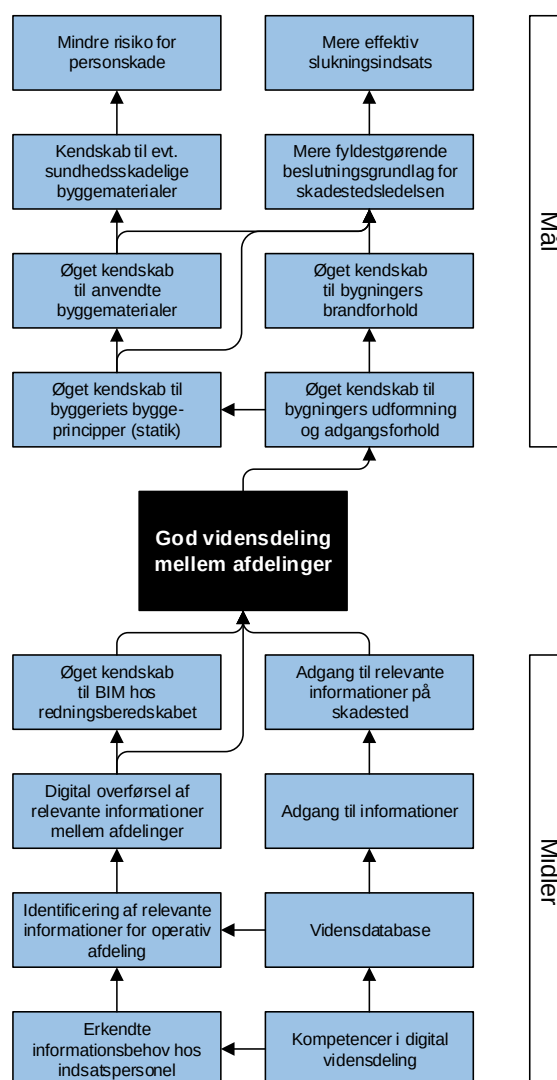
¹⁹ Objektorienteret programmering er en opdeling af programkode i klasser, der kan fungere som skabeloner for videre brug i koden og kan således genbruges løbende. Python er ikke strengt objektorienteret og understøtter desuden andre kodningstyper. Højniveausprog er en betegnelse for programmeringssprogets abstraktion fra de faktiske handlinger og beregninger, som udføres af koden. Et lavniveausprog beskæftiger sig med en detaljeret beskrivelse af manipulation af en computers hukommelse, og et højniveausprog er en mere menneskelæsbar kode, som i stedet beskriver overordnede koncepter frem for detaljerede kommandoer.

6 Målsætning

På baggrund af undersøgelser i problemanalysen præsenteres projektets målsætning i det følgende. Målsætningen er repræsenteret ved et måltræet, som fremgår af figur 6-1, og som tidligere er præsenteret i afsnit 1.4. Måltræet er baseret på problemtræet; måltræets formål er identificering af projektets ønskelige mål – det fungerer således som et indledende retningsgivende værktøj, som sikrer projektets fokus. Af måltræet fremgår det, at projektets overordnede mål er god vidensdeling mellem redningsberedskabets afdelinger. Vidensdelingen skal medvirke til et bedre beslutningsgrundlag for skadestedsledelsen på et skadested ved at understøtte skadestedsledelsen med et bedre informationsgrundlag. I forbindelse med behovsaflæringen er det identificeret hvilke informationer, som kan medvirke til et bedre beslutningsgrundlag. De overordnede mål fremgår øverst på måltræet: blandt andet ønskes et øget kendskab til bygningers udformning og adgangsforhold, hvilket kan medvirke til, at redningsberedskabet tilgår skadestedet mere hensigtsmæssigt. Et andet element er øget kendskab til bygningers brandforhold, herunder hvorledes bygninger er inddelt i brandadskillelser, hvilket kan have en indflydelse på valg af indsatstaktik.

Indfrielse af de identificerede behov og mål kræver anvendelse af en række midler. Disse fremgår nederst på måltræet. Et af midlerne er etablering af en vidensdatabase, hvortil personelgrupper har adgang, hvilket giver mulighed for at kunne granske i lagrede informationer, men også for at kunne lagre og opdatere informationerne. Det er essentielt for det operative personel, at informationerne kan tilgås på et skadested på mobile enheder.

Måltræet repræsenterer således projektets målsætning, hvoraf der fremgår kontekstuelle mål, samt hvilke midler der skal til for at opnå projektets mål. I del III præsenteres projektets løsningsforslag, som forsøger at adressere de i afsnit 3 identificerede problemstillinger samt de i måltræet identificerede mål.



Figur 6-1: Projektets mål visualiseret ved hjælp af et måltræ. Måltræet er baseret på problemtræet (figur 1-3).

Del III – Problembearbejdning

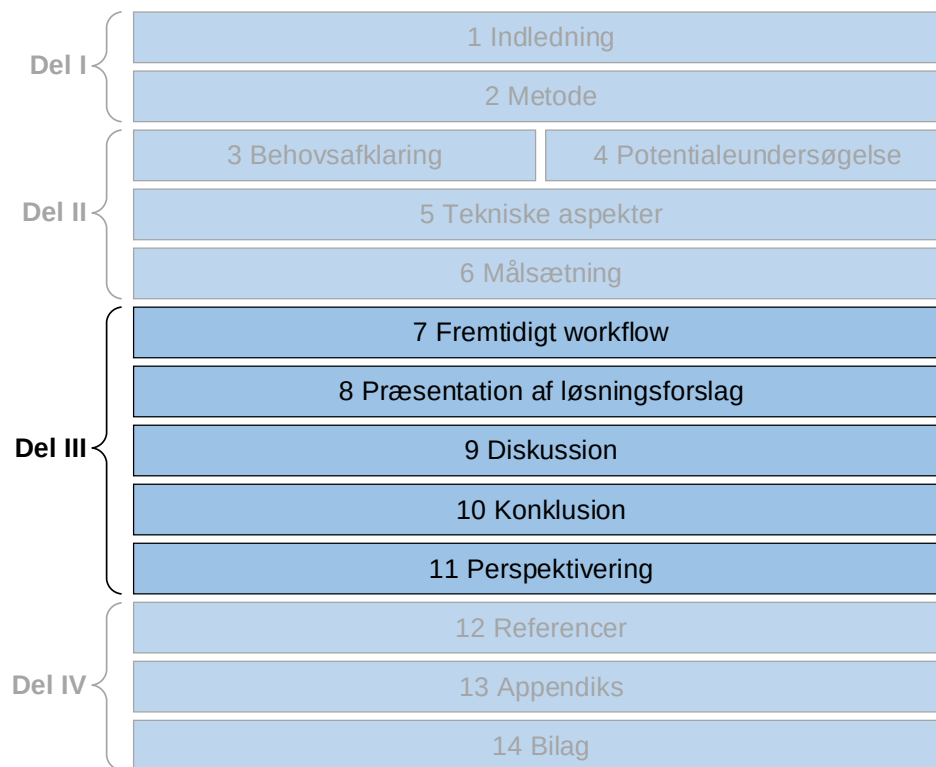


Illustration af de elementer, som er i fokus i del III.

Del III er projektets problembearbejdningsdel. I denne del præsenteres og diskuteres det løsningsforslag, som er udarbejdet gennem dette projekt. Afslutningsvis konkluderes og perspektiveres.

Afsnit 7 præsenterer en potentiel fremtidig informationsstrøm, som adresserer brugernes ønske om vidensdeling mellem afdelinger. Informationsstrømmen bliver præsenteret ved hjælp af en workflowmodel.

Projektets løsningsforslag præsenteres i **afsnit 8** – præsentationen er opdelt i to dele jf. opdelingen, som er beskrevet i afsnit 7: GIS-plattformen (den lokalt opbevarede del af løsningsforslaget) præsenteres i afsnit 8.1, og GIS-serveren (den eksterne onlinedel af løsningsforslaget) præsenteres derefter i afsnit 8.2. Den dertilhørende fremtidige arbejdsproces, som kan facilitere brugen af løsningsforslaget, præsenteres i afsnit 8.3.

Diskussionen i **afsnit 9** er ligeledes delt i to dele: i afsnit 9.1 gennemgås de identificerede problemstillinger og mangler ved den udarbejdede prototype af løsningsforslaget på baggrund af egne observationer samt et opfølgende interview hos Nordjyllands Beredskab; i afsnit 9.2 gennemgås det potentiale, som der er for videreudvikling af løsningsforslaget.

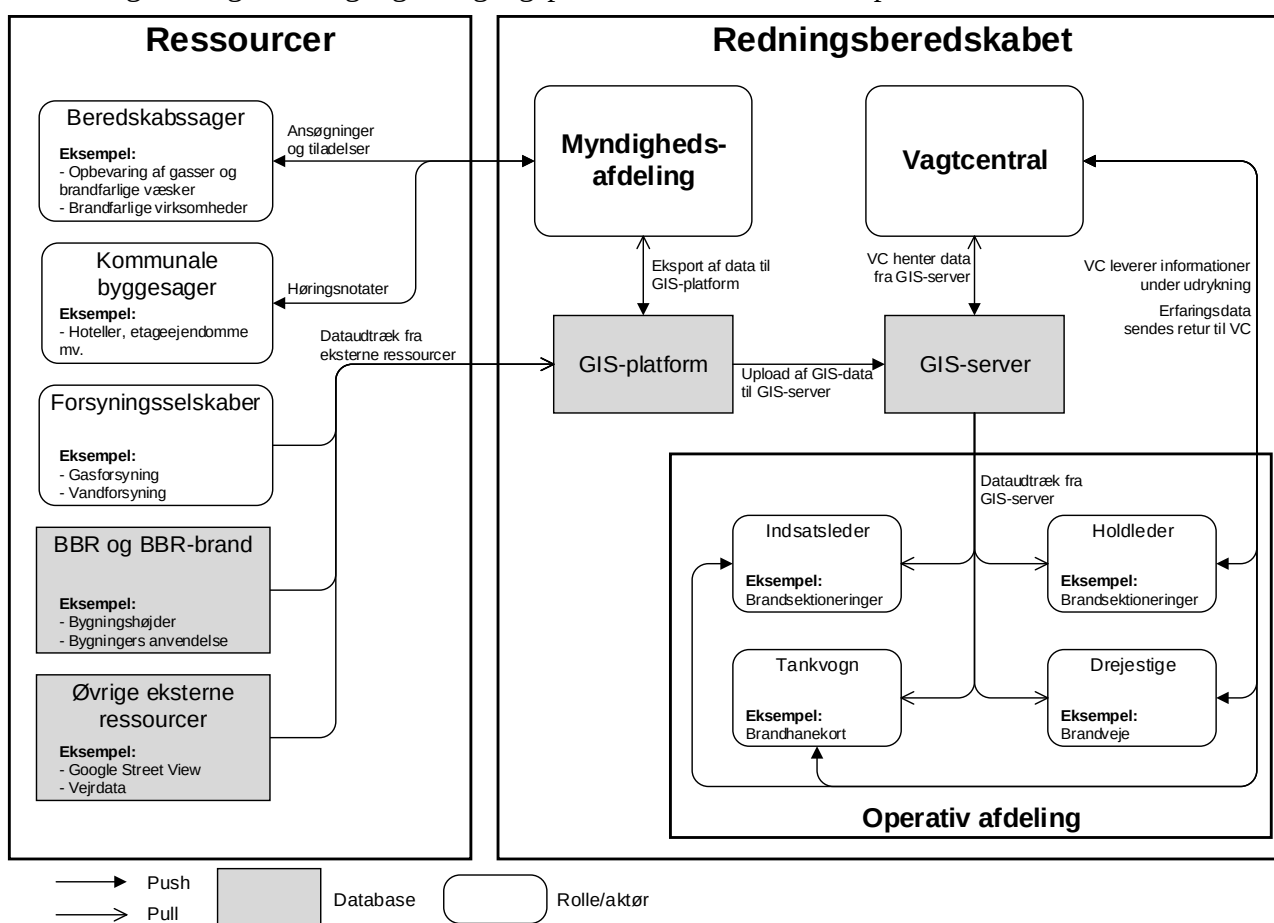
Afsnit 10 er projektets konklusion, som opsamler på problemformuleringen og de dertilhørende spørgsmål, som er præsenteret i afsnit 1.2.

Afsnit 11 indeholder en perspektivering for videre arbejde og studier i forbindelse med koblingen af BIM og GIS i beredskabsmæssig sammenhæng.

7 Fremtidigt workflow

I afsnit 3.2 er informationsbehovene for redningsberedskaberne identificeret. Heraf fremgår det, at en stor mængde informationer anvendes i forbindelse med myndighedsbehandlingen. Desuden anvendes en del informationer, som er offentligt tilgængelige eller kan fremskaffes via eksterne samarbejdspartnere. Redningsberedskabernes problemstilling er en teknisk løsning, som er i stand til at facilitere relevant informationsudveksling til relevante parter på de rigtige tidspunkter. Derfor har brancheorganisationen Danske Beredskaber taget initiativ til etablering af en netværksgruppe, hvis formål er udvikling af Danske Beredskabers Grunddatamodel baseret på en GIS-platform.

På baggrund af forrige afsnits tekniske aspekter og redningsberedskabets nuværende arbejdsprocedurer præsenteres en vision for projektets løsningsforslag. Visionen præsenteres i en workflowmodel, som fremgår af figur 7-1 og tager udgangspunkt i sekvensmodellen præsenteret i afsnit 1.1.1.



Figur 7-1: Workflowmodel for et potentielt fremtidigt informations- og workflow mellem redningsberedskabets aktører og interne/eksterne ressourcer.

På baggrund af afsnit 5.2 er det klarlagt, at BIM-arbejdsprocessen genererer bygningsmodeller, som anses for anvendelige i forskellige henseender. På baggrund af behovsafklaringen er det klarlagt, at BIM indeholder en del relevante informationer for operativt personel. Derfor kan det være relevant

at eksportere informationerne til en GIS-baseret platform²⁰, som kan håndtere de informationer, som den forebyggende afdeling ved beredskaberne arbejder med. Informationerne i GIS-plattformen vil primært blive vedligeholdt af de enkelte kommunale beredskabers forebyggende afdelinger. GIS-plattformen er i sig selv ikke optimal til at videreformidle informationerne til den operative afdeling på skadestedet: GIS-platforme er lokalt installeret på computere, og projektfilerne ligger typisk også enten lokalt på en computer eller på et intranet/privat netværk. Denne opsætning er uhensigtsmæssig i forbindelse med videreformidling til den operative afdeling, hvis enheder typisk er tablets frem for computere. Derfor oprettes en GIS-server²¹ som kan eksportere disse informationer. Formålet med GIS-serveren er at sikre, at de forskellige platforme, som beredskabet anvender, kan tilgå GIS-informationerne uden problemer med interoperabiliteten. Ideelt vil GIS-serveren have samme funktioner som GIS-plattformen (dette beskrives i afsnit 8.2). Vagtcentralen har en understøttende rolle for den operative afdeling ved indsatser, og Nordjyllands Beredskabs risikobaserede dimensionering foreskriver et ønske om, at vagtcentralen skal involveres yderligere i dette arbejde (Nordjyllands Beredskab, 2018b). Derfor er vagtcentralen blevet en central spiller i målsætningen for dette projekt: de skal bistå den operative afdeling, som de gør nu, men også med udnyttelse af GIS-serverens informationsgrundlag. Disse informationer kan også tilgås direkte af den operative afdeling, som således kan få informationer fra både vagtcentralen og GIS-serveren.

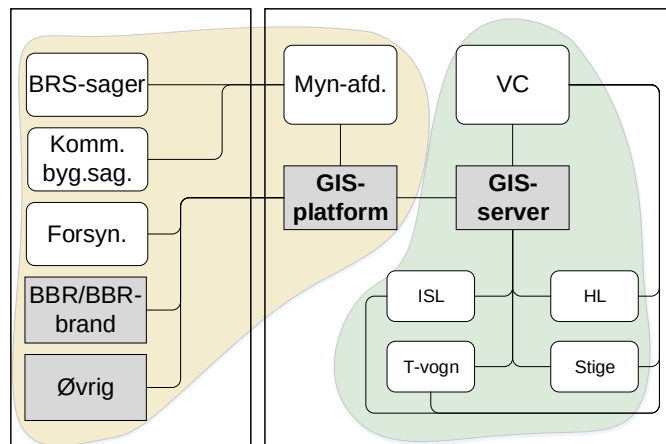
I afsnit 8 præsenteres projektets løsningsforslag, som forsøger at adressere de i afsnit 1.2 og 3.2 identificerede problemstillinger. Løsningsforslaget baseres på den i afsnit 6 præsenterede målsætning samt dette afsnits workflowmodel.

²⁰ I denne sammenhæng betyder "GIS-baseret platform" et lokalt, offline program (for eksempel QGIS eller ArcGIS), som håndterer og bearbejder projektets data.

²¹ I denne sammenhæng betyder "GIS-server" en online, platformuafhængig løsning, som kan vise informationerne på tværs af platforme uden store krav til computerkraft og installerede programmer. Google Maps kan nævnes som eksempel.

8 Præsentation af løsningsforslag

På baggrund af projektets workflowmodel, som fremgår af figur 7-1, præsenteres projektets løsningsforslag i det følgende. Løsningsforslaget består overordnet af to hovedkomponenter, som det fremgår af figur 8-1. Første del af løsningsforslaget (markeret med gul; i det følgende kaldet **GIS-platform**) fungerer lokalt på brugerens PC, og anden del (markeret med grøn; i det følgende kaldet **GIS-server**) fokuserer på forskellige muligheder for at gøre løsningsforslaget tilgængeligt på mobile enheder. Projektet beskæftiger sig primært med GIS-platform-delen af løsningsforslaget.



Figur 8-1: Rapportens opdeling i forbindelse med beskrivelse og viderebearbejdning af løsningsforslaget. Figuren er baseret på workflowmodellen (figur 7-1).

8.1 Løsningsforslag del 1 – GIS-platform

Første del af løsningsforslaget tager udgangspunkt i diagrammet illustreret på figur 8-2. Diagrammet angiver rækkefølgen af platforme, som bygningsinformationerne gennemgår – fra modtagelsen af en 3D-bygningsmodel og til en GIS-baseret platform.



Figur 8-2: Diagram, som viser processen i projektets løsningsforslag, set fra en brandteknisk sagsbehandlers arbejdsproces ved eksport af informationer til en GIS-baseret platform. Figuren er baseret på buildingSMART (2018c) og QGIS (2018b).

Det forudsættes, at redningsberedskabet modtager en 3D-bygningsmodel med egenskabsdata i formatet IFC til sagsbehandling – eventuelt suppleret med PDF-tegningsmateriale. Efter endt sagsbehandling overføres relevante informationer fra IFC-filen til en shapefil. Shapefilen kan læses af GIS-programmet QGIS, hvor overført data efterfølgende kan opdateres manuelt. Overførselsprocessen kan ske ved hjælp af et script, som er udviklet i Python²². Derved inkluderer projektets løsningsforslag den offentlige standard IFC, GIS-programmet QGIS og programmeringssproget Python. Argumentationen for inddragelse af disse elementer fremgår i det følgende.

IFC

Som belyst i afsnit 5.3.1 er IFC en offentlig standard til udveksling af 3D-bygningsmodeller med egenskabsdata. I projektet tages der udgangspunkt i den offentlige standard af flere årsager, herunder specielt at der i IKT-bekendtgørelsen stilles krav til anvendelsen af IFC som udvekslingsfilformat til

²² I projektets løsningsforslag overføres bygningsmodellens grundplan fra en IFC-fil til en shapefil. Der er således et udviklingspotentiale i overførsel af øvrige data fra IFC-filen til shapefilen, hvilket beskrives i afsnit 9.2.2.

udveksling af bygningsmodeller ved offentlige og offentligt støttede byggerier. Det understøtter desuden redningsberedskabets vision om anvendelsen af offentlige udvekslingsformater (appendiks 1). Til trods for at redningsberedskaberne og bygningsmyndighederne på nuværende tidspunkt ikke modtager ansøgningsmateriale i form af 3D-bygningsmodeller, anser de et potentiale i anvendelsen heraf (appendiks 1 og appendiks 4). Foruden at redningsberedskaberne ser et potentiale i anvendelsen af 3D-bygningsmodeller, betyder en anvendelse af offentlige standarder, at brugerne ikke skal investere i softwareløsninger, som er i stand til at bearbejde modtagne filer. Den åbne specifikation af filformaterne faciliterer, at der udvikles open source-programmer hertil, i modsætning til proprietære filformater, hvortil det kan være omkostningstungt eller umuligt at udvikle open source-løsninger.

QGIS

Af afsnit 4 fremgår et potentiale i anvendelsen af GIS hos redningsberedskaberne på tværs af forskellige faser. Tidligere forskning har derved vist, at der er potentiale for anvendelsen af GIS hos redningsberedskaberne, hvorfor GIS anvendes i dette projekts løsningsforslag. I projektets løsningsforslag anvendes programmet QGIS til at facilitere løsningsforslagets GIS-del. QGIS er udvalgt, idet programmet er open-source, hvilket medvirker til et løsningsforslag, som frit kan etableres uden væsentlige omkostninger for brugerorganisationen. Af open source-løsninger er QGIS den mest anvendte på verdensplan (Maurya, Ohri, & Mishra, 2015), hvorfor platformen er et oplagt valg i dette projekt.

Afsnit 5.1.1 belyser en række af filformaterne, som understøttes af QGIS. Heraf fremgår det, at CityGML er en standard, som understøtter repræsentationer af 3D-objekter (Ohori et al., 2018). Til trods for understøttelsen af 3D-objekter anvendes CityGML ikke i dette projekts løsningsforslag. Jævnfør afsnit 5.1.1 er det belyst, at CityGML kan være relativ ressourcekrævende at anvende i forhold til shapefiler. På baggrund af testforsøg med CityGML i QGIS er det umiddelbart ikke muligt for brugeren at redigere eller indtaste data manuelt i et lag, som er baseret på en CityGML-fil. Det er af væsentlig betydning for dette projekt, at det er muligt for brugeren at indtaste og redigere data manuelt, blandt andet for at give brugeren mulighed for at opdatere og tilføje data til de pågældende lag. Desuden vurderes det, at Danske Beredskabers Grunddatamodel sandsynligvis er baseret på shapefiler grundet opbygningen af grunddatamodellen. Projektets løsningsforslag vil derfor tage udgangspunkt i anvendelsen af shapefiler til lagring af data i specifikke lag.

Python

Python anvendes i projektets løsningsforslag til udvikling af et script, som er i stand til at læse data fra en IFC-fil og eksportere denne data til en shapefil. Python anvendes, idet programmeringssproget er platformuafhængigt, hvilket blev belyst i afsnit 5.4. Det understøtter projektets vision om at udvikle et open source-baseret løsningsforslag. Desuden er det klarlagt, at de fleste GIS-programmer understøtter anvendelsen af Python, herunder også QGIS. Det er således muligt på sigt at udvikle plugins til QGIS, som øger funktionalitetsmulighederne i GIS-programmet.

8.1.1 GIS-plattformens funktionaliteter

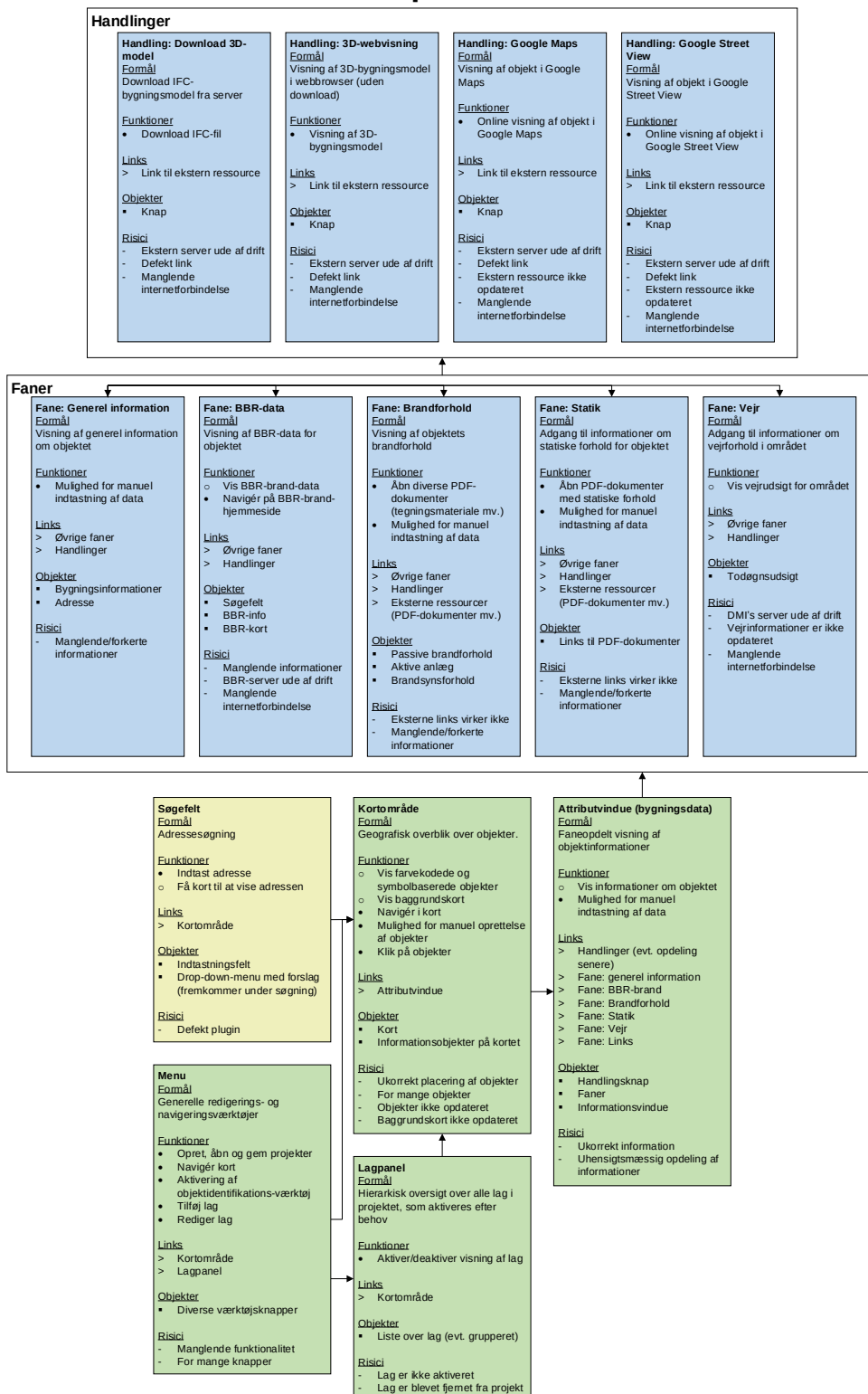
På baggrund af interviews og workshops med personel fra redningsberedskabet²³ er de nødvendige funktioner for GIS-plattformen klarlagt. Blandt andet er det essentielt, at relevante informationer kan tilgås på det rette tidspunkt, samt at kategorisering og opdeling af disse informationer udføres korrekt, så værktøjet kan understøtte brugerens beslutningsgrundlag ved operative indsatser. Derudover skal der sikres en relativt ressourcelet arbejdsproces ved overførsel af data til GIS-plattformen.

Det betyder, at de i afsnit 3 identificerede informationsbehov skal kategoriseres og opdeles i GIS-plattformen, så informationsformidlingen giver værdi for brugeren. For at sikre, at brugernes ønskede funktionaliteter indarbejdes i projektets løsningsforslag, udarbejdes *user environment design*-diagrammer (i det følgende UED-diagrammer). UED-diagrammerne angiver funktionaliteter for relevante brugermiljøelementer i programmerne samt deres indbyrdes sammenhænge. Opbygningen af UED-diagrammerne tager udgangspunkt i Contextual Design (Beyer & Holtzblatt, 1998).

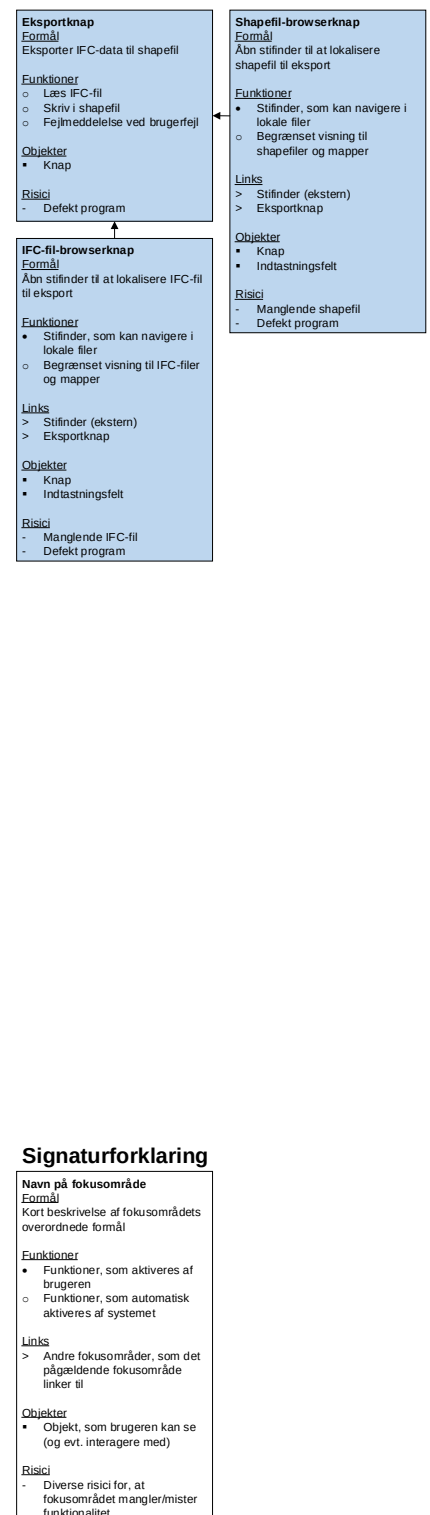
I det følgende afsnit præsenteres UED-diagrammerne for henholdsvis GIS-plattformen og Python-scriptet. Et samlet UED-diagram for projektets løsningsforslag fremgår i nedskaleret version af figur 8-3. "GIS-plattform"-delen af UED-diagrammet viser elementer for GIS-laget "*501_Bygningsdata*", som kun er ét af mange lag i projektet (se tabel 8-2 for en oversigt over alle lag). UED-diagrammerne for de andre lag er konceptuelt identiske, så de er ikke udført for dette projekt. UED-diagrammet findes i fuld opløsning i appendiks 6.

²³ Der er afholdt indledende interviews samt workshops med forskellige interessenter fra redningsberedskabet. Den første workshop har involveret brugerne via brugerinvolveringsprincipperne *brugerinnovation* og *brugerdeltagelse*, som er beskrevet i afsnit 2.3. Resultaterne af de afholdte interviews og workshops er præsenteret i afsnit 3.2.

GIS-plattform



Script

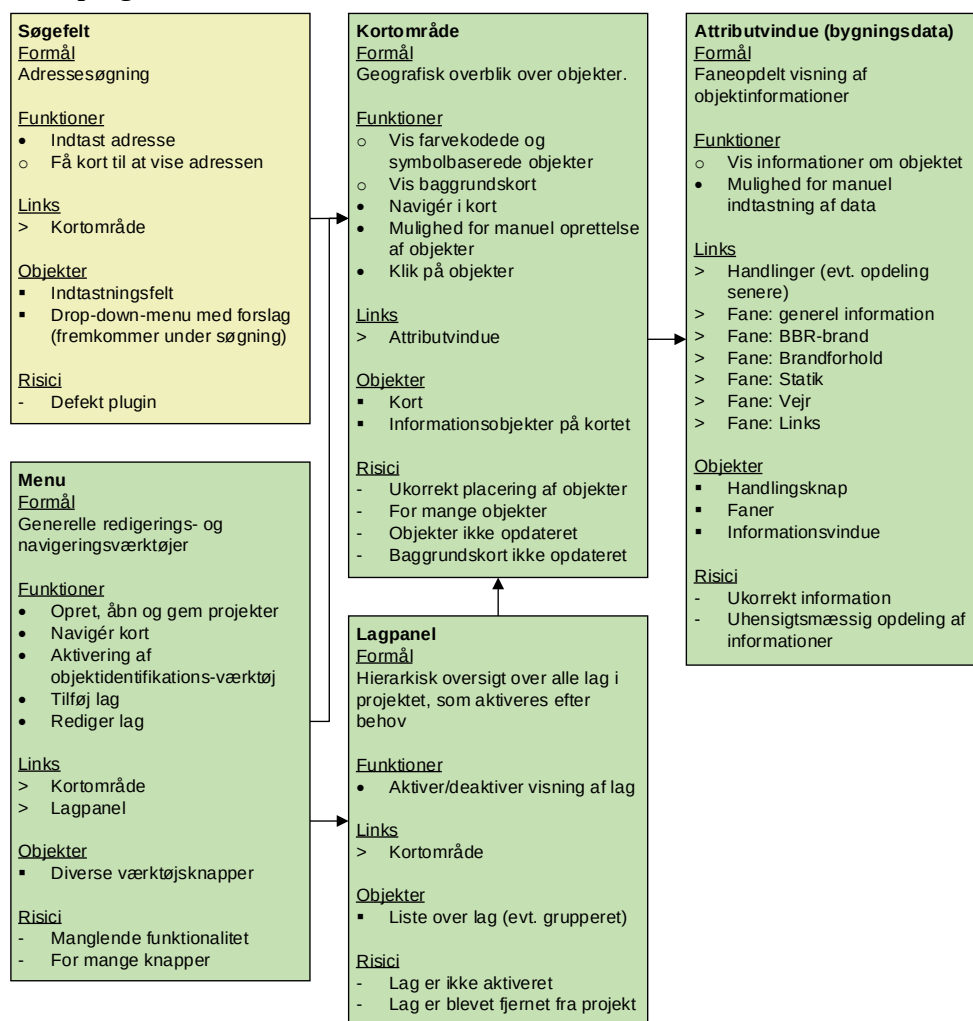


Figur 8-3: Samlet UED-diagram over GIS-plattformdelen af projektets løsningsforslag. De grønne fokusområder repræsenterer eksisterende funktioner i QGIS. Fokusområdet "Søgefelt" (det gule fokusområde) er en funktion, der eksisterer som plugin. De blå fokusområder er projektudviklede elementer.

GIS-platform

Som beskrevet tidligere er det hensigtsmæssigt at anvende QGIS som udgangspunkt for GIS-plattformen. Det følgende baseres således på de funktionaliteter, der forefindes i QGIS, i forbindelse med identificering af funktionaliteter i løsningsforslaget.

Præsentationen af UED-diagrammerne for GIS-plattformen opdeles i tre hoveddele (de tre grupperinger i "GIS-plattform"-delen af figur 8-3): *funktionaliteter*, *faneinddelt informationskategorisering* samt *makrofunktioner* (i QGIS betegnet *handlinger*²⁴). De overordnede funktionskrav i QGIS fremgår af figur 8-4, hvor hver boks repræsenterer et fokusområde. Grønne fokusområder er indbyggede funktionaliteter i QGIS; blå fokusområder er nyudviklede funktionaliteter²⁵; det gule fokusområde er et eksternt udviklet plugin til QGIS.



Figur 8-4: UED-diagram over de overordnede funktionaliteter.

²⁴ QGIS-handlinger kan sammenlignes med makroer, som det eksempelvis kendes fra Microsoft Office: en række forprogrammerede sekvenser, som kan aktiveres efter behov. Disse benævnes "handlinger" i det følgende.

²⁵ Blå fokusområder indeholder både nyudviklede elementer (Python-scriptet) samt nye anvendelser af indbyggede QGIS-funktioner (faner og handlinger).

Fokusområdet *Kortområde* skal medvirke til at give brugeren et geografisk overblik over objekter med tilknyttede data. Det essentielle ved kortområdet er, at der herfra er mulighed for at skelne mellem informationskategorier, mulighed for manuel oprettelse af objekter og tilknytning af data hertil, samt at kunne tilgå data for eksisterende objekter.

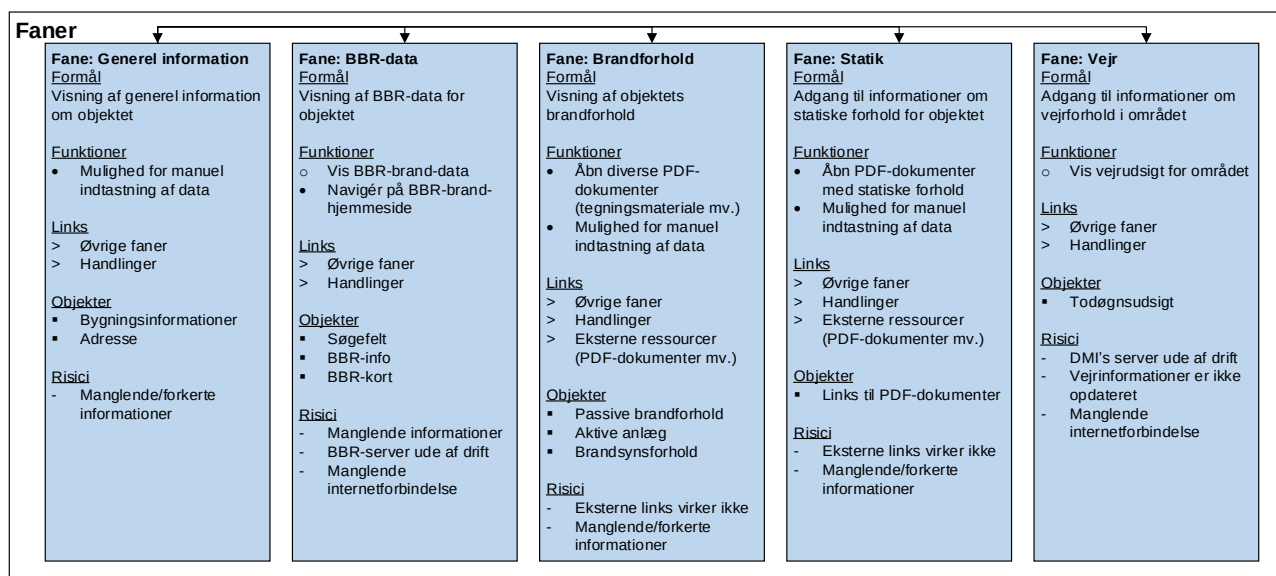
I relation til kortområdet er der fokusområdet *Menu*. Menuen skal give brugeren en række værktøjsmuligheder til navigering i kortet, aktivering af objektidentifikationsværktøj²⁶, tilføje eller oprette nyt lag samt redigeringsmuligheder i eksisterende lag.

Informationskategorierne fremgår af *Lagpanelet*, som er et andet fokusområde. Lagpanelet skal give brugeren et overblik over informationskategorier samt mulighed for at aktivere og deaktivere visningen af de respektive informationskategorier i kortområdet. I afsnit 5.1.3 er opbygningen af Danske Beredskabers Grunddatamodel beskrevet, hvilket der med fordel kan tages udgangspunkt i ved opdeling af informationskategorier.

Et andet fokusområde er *Søgefelt*, som giver brugeren mulighed for at foretage en adressesøgning og automatisk fremvise denne i kortområdet.

Fokusområdet *Attributvindue* angiver det specifikke objekts tilknyttede data. Via attributvinduet fås mulighed for visning af informationer og aktivering af handlinger samt mulighed for redigering og manuel indtastning af data. Attributvinduet har derfor links til dels faneinddelt kategorisering af informationer samt til handlinger.

UED-diagrammet for de faneinddelte fokusområder fremgår af figur 8-5, og UED-diagrammet for handlinger fremgår af figur 8-6.



Figur 8-5: UED-diagram over informationsopdeling i attributvinduerne for laget 501_Bygningsdata.

Af figur 3-2 fra behovsaflæringen fremgår det, at det er af høj prioritet, at det kun er relevante informationer, som stilles til rådighed. Det er derfor også essentielt, at informationer bliver kategoriseret,

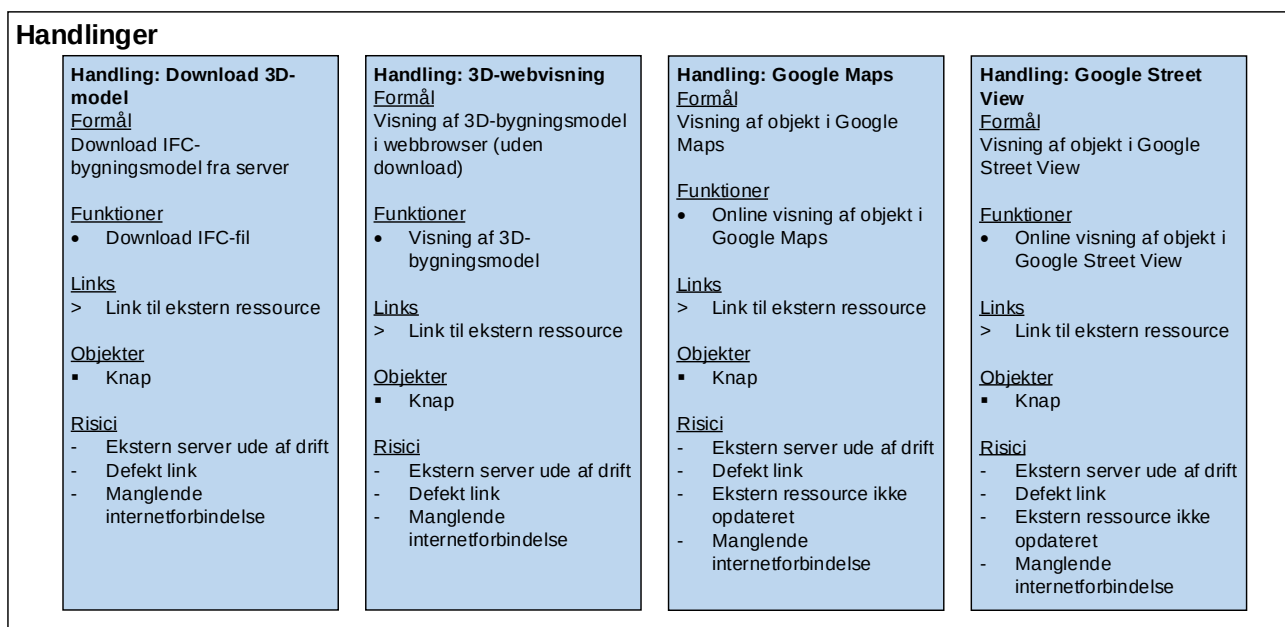
²⁶ Tillader brugeren at identificere et objekts tilknyttede data.

hvorfor fem faner med forskellige informationskategorier oprettes. Den første fane, *Generel information*, skal give brugeren et hurtigt overblik over det pågældende bygningsobjekt, herunder blandt andet bygningens anvendelse og etageantal.

I forbindelse med workshoppen er det klarlagt, at BBR-brand-databasen giver et hurtigt overblik over både den pågældende bygning og de omkringliggende bygninger. Derfor indarbejdes BBR-brand i en selvstændig fane, som placeres til højre for fanen *Generel information*. Desuden er der under behovs-afklaringen udvist ønske om yderligere informationer om bygningen, herunder tegningsmateriale, beredskabsplaner, information om opbevaring af brandfarlige væsker/gasser mv. Sådanne informationer indarbejdes i en selvstændig fane, *Brandforhold*, hvorfra tegningsmateriale og lignende informationer omkring bygningen kan åbnes eksternt. For at foretage en yderligere kategorisering af informationerne, opdeles *Brandforhold*-fanen i underkategorier, henholdsvis *passive forhold*, *aktive anlæg* og *brandsynsforhold*. Passive brandforhold kan være tegningsmateriale, som ligger til grund for byggetilladelsen; aktive anlæg kan give brugeren viden om, hvilke og hvor aktive anlæg er etableret i bygningsobjektet; brandsynsforhold kan medvirke til at give brugeren informationer om bygningens anvendelse og eventuelle risikoforhold (appendiks 2).

Redningsberedskabets opgaver er mangeartede: foruden brandslukningsopgaver skal de også kunne håndtere redningsopgaver, f.eks. i forbindelse med sammenstyrtning af bygninger. Derfor indarbejdes en fane, hvor der er mulighed for angivelse af bygningens statiske forhold, herunder eksempelvis et kraftforløb.

Den sidste fane indeholder vejrdata, herunder også vindhastighed og -retning, hvilket kan være relevant for redningsberedskabet ved uheld med farlige stoffer.



Figur 8-6: UED-diagram for handlinger, som bør indarbejdes i laget 501_Bygningsdata.

UED-diagrammerne for ønskede handlinger fremgår af figur 8-6, hvoraf det ses, at der bør indarbejdes fire forskellige handlinger. Det bør være muligt at tilgå en 3D-bygningsmodel, hvilket giver brugeren mulighed for at analysere og undersøge modellen, som er grundlag for GIS-objektet. Det er identificeret i forbindelse med workshoppen, at en 3D-bygningsmodel kan give det operative personel flere fordele: blandt andet giver det personellet et overordnet indtryk af bygningens indretning, dens adgangsforhold mv. Derfor bør der indarbejdes en funktion, som gør det muligt at downloade og vise denne 3D-bygningsmodel. En sådan løsning kan være ressourcetung i form af computerkraft, softwarekrav og mobiladgang, idet IFC-modeller (som anvendes i dette projekt) potentielt kan fylde over 100 MB – løsninger herpå kan være 3D-modeller med lavere detaljeringsniveau eller browserbase-rede 3D-viewere, som kan vise modellen løbende under download. Det medfører, at brugeren ikke behøver downloade hele IFC-filen, før den kan vises, i tilfælde af dårlig internetforbindelse. Denne løsning er implementeret i samspil med den direkte download-løsning.

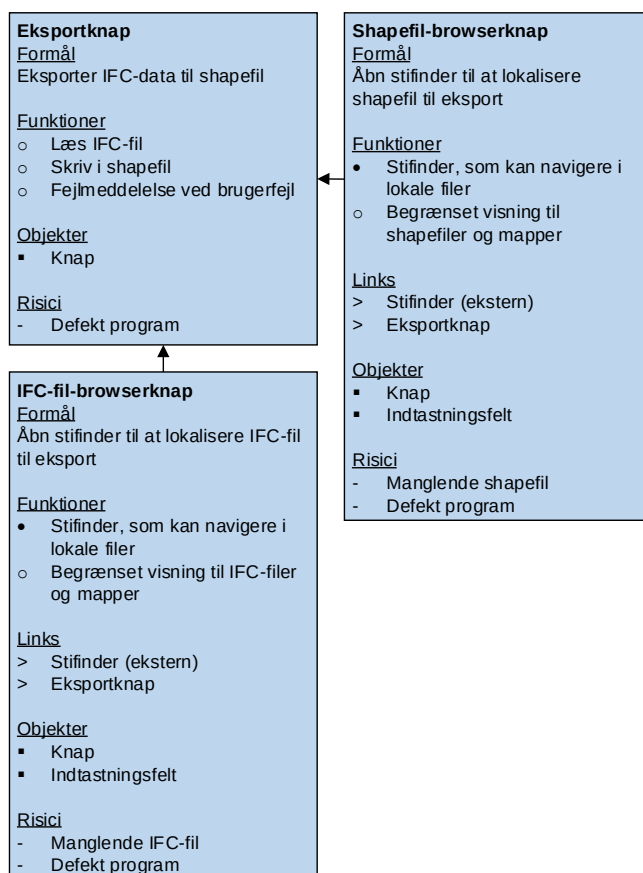
Af workshoppen fremgår det, at brugerne har et ønske om at kunne tilgå et satellitkort og Google Street View (billeder af bygningen fra gadeplan) for at kunne danne sig indtryk af det pågældende bygningsobjekt, dets adgangsveje og de omkringliggende bygningers geometri. Derfor indarbejdes handlinger, der muliggør åbning af disse kortmaterialer i brugerens webbrowser.

Ovenstående angiver således ønskede funktionaliteter, som bør indarbejdes i løsningsforslagets GIS-plattform. I det følgende afsnit belyses scriptets ønskede funktionaliteter.

IFC2GIS-script

I afsnit 5 er det belyst, at der er et potentiale i eksport af data fra BIM til GIS (Donkers et al., 2015). Intentionen er derfor at udvikle et script, som er i stand til at eksportere data fra en IFC-fil til en shapefil. De væsentligste funktioner til programmet er en browserfunktion, hvis formål er at identificere den ønskede IFC-fil, som er lokalt tilgængelig, samt en tilsvarende funktion til at identificere den shapefil, som ønskes redigeret. Brugeren skal ligeledes kunne aktivere eksportfunktionen, som er den sidste funktionalitet i scriptet. De enkelte funktionaliteter i scriptet fremgår af UED-diagrammet på figur 8-7.

De ovenstående afsnit har beskrevet GIS-plattformens planlagte funktionaliteter. I de følgende afsnit præsenteres den prototype, som opfylder disse funktionskrav.



Figur 8-7: UED-diagram for IFC2GIS-scriptet.

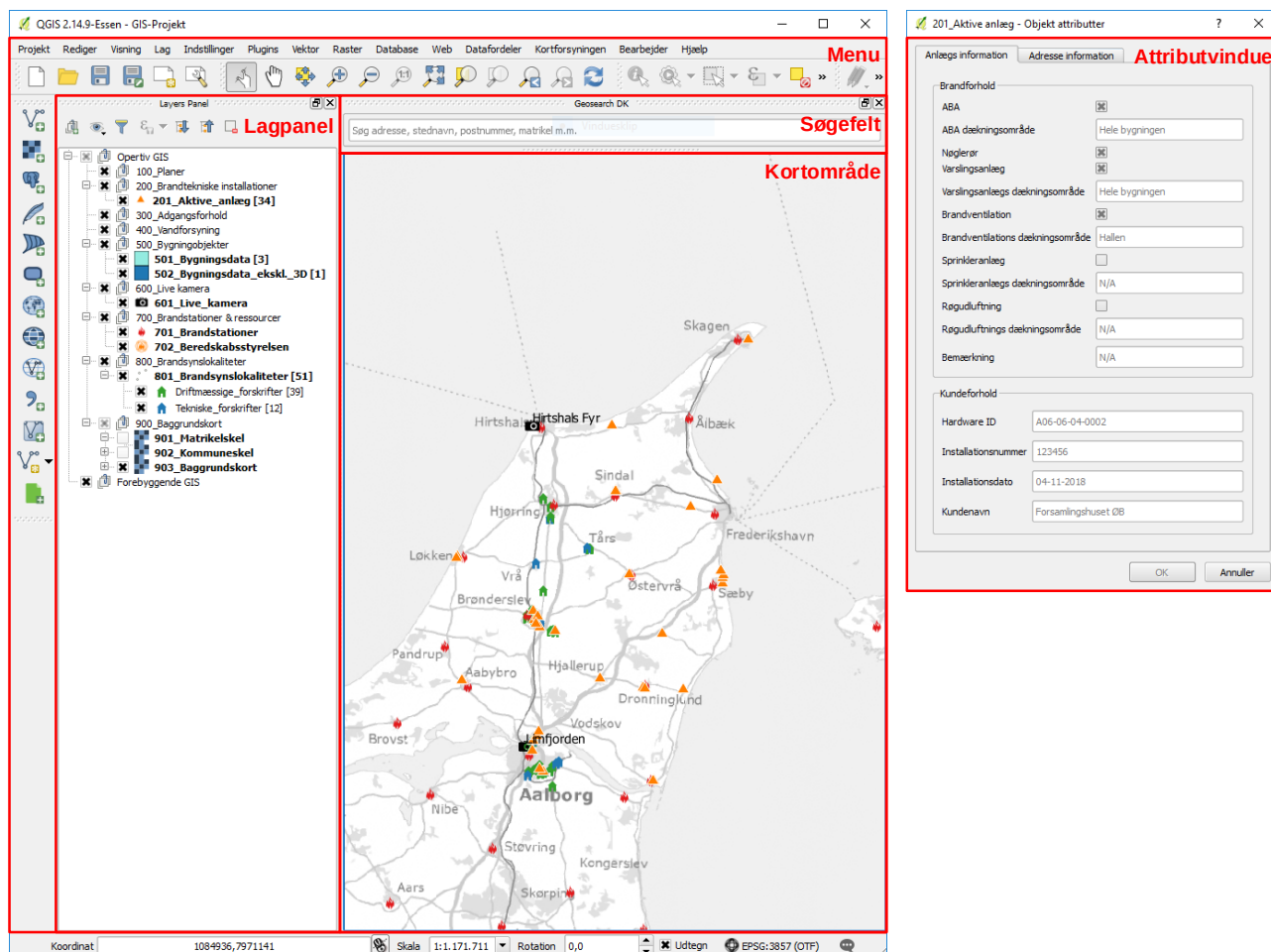
8.1.2 Præsentation af prototype af GIS-plattform

I de følgende afsnit præsenteres en prototype af projektets løsningsforslag: en prototype af GIS-plattformen samt det dertil udviklede script. Prototypen tager udgangspunkt i procesdiagrammet præsenteret i afsnit 8.1 samt de UED-diagrammer, som er præsenteret i afsnit 8.1.1.

I det følgende anvendes desuden udtrykket *GIS-projekt* til at beskrive de georefererede data, som bearbejdes i GIS-plattformen. GIS-projektet består af diverse projektspecifikke filer – herunder også shapefiler.

GIS-plattform

På baggrund af UED-diagrammet for projektets GIS-del præsenteres den i løsningsforslaget udviklede GIS-plattform. I det følgende præsenteres de væsentligste implementerede funktioner – en dybdegående beskrivelse af, hvorledes GIS-plattformen er opbygget i dette projekt, findes i appendiks 7. Af UED-diagrammet fremgår det, at der er *kortområde*, *søgefelt*, *menu* og *lagpanel*. Elementerne fremgår af figur 8-8, hvor søgefeltet er installeret som et plugin; de øvrige fokusområder er standardfunktioner i QGIS.



Figur 8-8: GIS-projekt åbent i open-source programmet QGIS med et attributvindue åben for et objekt i laget 201_Aktive_anlæg. De forskellige fokusområder fra UED-diagrammet er angivet.

Søgefeltet er et plugin til QGIS, som hedder *Geosearch DK* og er udviklet af GIS-konsulentvirksomheden Septima. Funktionen tillader brugeren at foretage en steds- eller adressesøgning, som automatisk vises på kortområdet. Det medvirker til, at brugeren kan identificere objekter på en adresse eller objekter i nærområdet.

Lagpanelet fremgår i venstre side af figur 8-8, hvor det er muligt at aktivere og deaktivere visningen af de forskellige lag. Brugeren har derved mulighed for at foretage en sortering i visning af objekter indenfor en række foruddefinerede temaer, eksempelvis afhængig af arbejdsopgaver.

Opbygningen af elementer i lagpanelet tager udgangspunkt i Danske Beredskabers Grunddatamodel og lagprincippet, som fremgår af figur 5-1 i afsnit 5.1. På baggrund af behovsaflæringen fremgår det, at redningsberedskabet har behov, som ligger uden for Danske Beredskabers Grunddatamodel. Af interview med interessenter er det klarlagt, at det er intentionen løbende at udvikle på grunddatamodellen, hvorfor der i dette projekt tages udgangspunkt i en udvidelse af grunddatamodellen, som indarbejder 3D-modeller (appendiks 1 og appendiks 3). Den udvidede grunddatamodel fremgår

Temagruppe	Emne
100-199	Planer
200-299	Brandtekniske installationer
300-399	Adgangsforhold
400-499	Vandforsyning
500-599	Bygningsobjekter
600-699	Livekamera
700-799	Brandstationer & ressourcer
800-899	Brandsynslokaliteter
900-999	Baggrundskort
9900-	Andet

Tabel 8-1: Oversigt over temagrupper i løsningsforslaget.

af tabel 8-1: de blå felter er eksisterende elementer fra grunddatamodellen i sin nuværende form, og de grønne felter er de udvidelser, som er oprettet i dette projekt. De elementer, som er i fokus i dette projekt, er fremhævet i tabellen – emnerne *”Livekamera”* samt *”Brandstationer & ressourcer”* er identificeret som vigtige informationskategorier under workshoppene, men er ikke implementeret i dette projekt.

I GIS-projektet er der indenfor de angivne temagrupper oprettet eller importeret lag. Disse lag fremgår af tabel 8-2, hvoraf der i dette projekt fokuseres på de fremhævede.

For hvert lag forefindes et attributvindue (som vist til højre i figur 8-8 ovenfor), som viser det valgte objekts egenskabsdata.

Det første lag, *201_Aktive_anlæg*, indeholder placeringen og informationer om aktive anlæg²⁷, som er repræsenteret af en orange trekant på kortet. Jævnfør bygningsreglementet kapitel 5 kan der stilles

Lag
201_Aktive_anlæg
501_Bygningsdata
502_Bygningsdata_ekskl._3D
601_Live_kamera
701_Brandstationer
702_Beredskabsstyrelsen
801_Brandsynslokaliteter
901_Matrikelskel
902_Kommuneskel
903_Baggrundskort

Tabel 8-2: GIS-projektets lagopbygning. Nedtonede elementer er ikke i fokus i projektet.

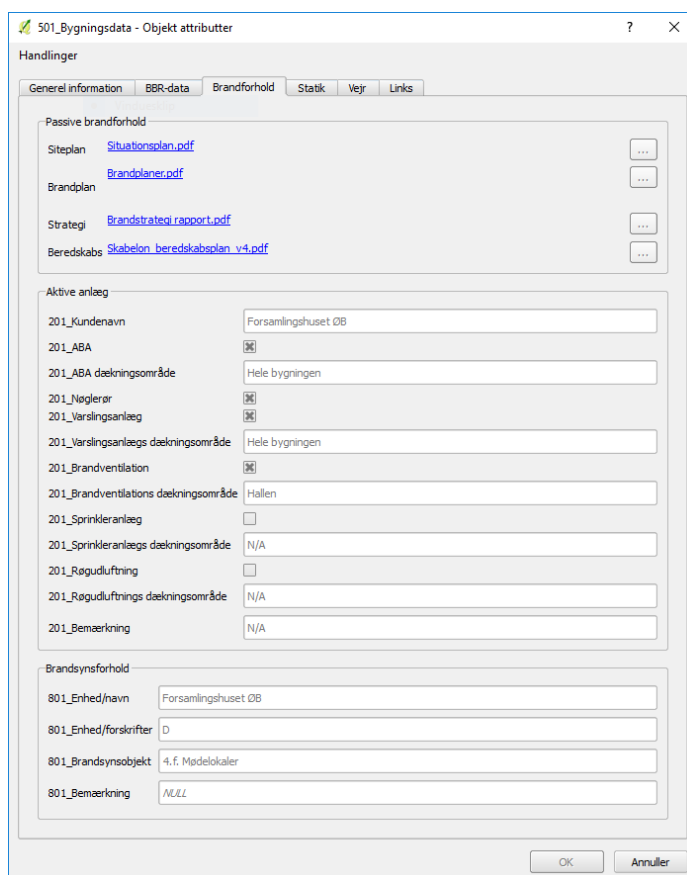
²⁷Aktive anlæg betegnes også brandtekniske installationer og kan være sammenkoblet, såfremt der i en bygning forefindes flere forskellige. Aktive anlæg kan være automatiske brandalarmeringsanlæg, sprinkleranlæg, brandventilation mv. Ved sammenkobling af flere forskellige typer brandtekniske installationer vil en brandcentral overføre alarmsignal til redningsberedskabets vagtcentral i de tilfælde, hvor der stilles krav hertil (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016).

krav om aktive brandsikringsanlæg i visse byggerier. Ved nogle aktive anlæg stilles der krav om direkte alarmoverførsel til redningsberedskabets vagtcentral (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2018). Derfor burde der være et potentiale for, at redningsberedskaberne har et overblik over aktive anlæg, potentielt i en CSV-fil eller et regneark (eksempelvis et Excel-ark). I det følgende tages der udgangspunkt i, at redningsberedskaberne har informationer om aktive anlæg i et regneark. Det gør det muligt at eksportere regnearket til en CSV-fil, som kan importeres som et tekstafgrænset lag i QGIS. Importeret regneark fremgår af appendiks 10. På baggrund af forsøg i QGIS er det identificeret, at det ikke er muligt at redigere og tilføje data til lag, som er baseret på en CSV-fil, fordi QGIS blot importerer og viser filens data uden redigeringsrettigheder – dette skal altså gøres eksternt. I attributvinduet for aktive anlæg er informationerne opdelt i to faner: *informationer om anlæggene* og *adresseinformationer*.

Laget *501_Bygningsdata* indeholder en række informationer og handlingsmuligheder, hvilket fremgår af det samlede UED-diagram. Figur 8-9 viser et eksempel på den faneinddelte information, som er knyttet til dette lag.

I QGIS er det muligt de samme data kan anvendes af flere lag i projektet. Dette er tilfældet i figur 8-9, hvoraf der fremgår informationer om aktive anlæg og brandsynsforhold. Disse informationer stammer fra lagene *201_Aktive_anlæg* og *801_Brandsynslokalteter*. Sammenkædningen sker ved, at objekterne i de enkelte lag har et unikt ID, som kan sammenkædes med et andet lags objekts ID, såfremt de i de forskellige lag er identiske (konceptet minder om links mellem databasetabeller, hvor unikke nøgleværdier sammenkædes på tværs af tabellerne).

Projektets handlinger er placeret i samme vindue som attributterne og kan ses øverst til venstre i figur 8-9. Klikkes på handlingsknappen, vises alle handlinger i en *drop down*-menu. Handlinger er forholdsvis fleksible makroer, som i dette projekt blandt andet skaber links til de eksterne IFC-filer af den pågældende bygning. I løsningsforslaget er IFC-filerne lagret på en cloud (i dette projekt Microsoft OneDrive), hvorfra filerne kan downloades. For at kunne udnytte IFC-filen, som downloades, kræves et program, som er i stand til at åbne modellen, for eksempel Solibri Model Viewer. Som alternativ hertil forefindes flere



Figur 8-9: Brandforhold-fanen for laget *501_Bygningsdata*. Øverst ses de andre faner med informationer om laget. I øverste venstre hjørne er lagets handlinger placeret.

webbaserede løsninger, som kan vise IFC-filer i en webbrowser. I løsningsforslaget anvendes Autodesk Viewer, som kan lagre IFC-filen eksternt på Autodesk-servere, og Autodesk Viewer genererer et link til webvisning af 3D-bygningsmodellen. Den indarbejdede handling i GIS-plattformen åbner automatisk 3D-bygningsmodellen i brugerens webbrowser.

Derudover er der etableret handlinger, der åbner Google Maps og Google Street View med fokus på det specifikke bygningsobjekt. Foruden disse handlinger er der i løsningsforslaget indarbejdet en handling, der åbner BBR-brand og DMI Byvej i brugerens webbrowser.

Laget *502_Bygningsdata_ekskl._3D* er næsten identisk med *501_Bygningsdata*, men handlinger og attributfelter i relation til 3D-bygningsmodeller er fjernet. Desuden har objektet en anden farveangivelse i kortområdet, så brugeren kan skelne *501_Bygningsdata* og *502_Bygningsdata_ekskl._3D*.

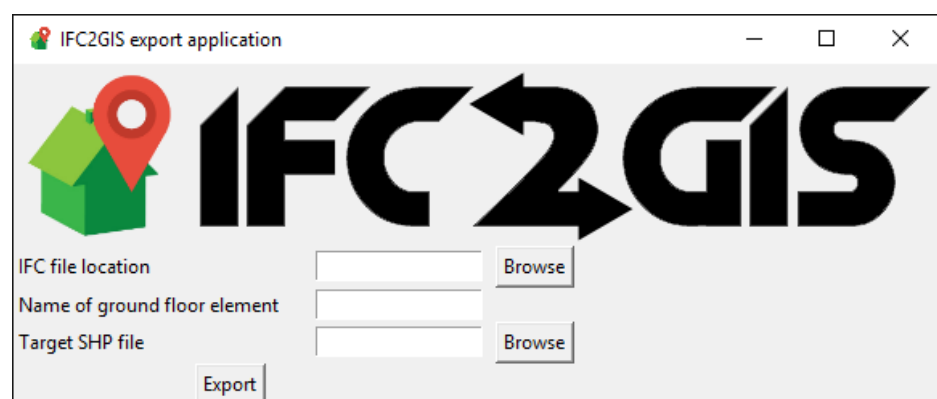
Laget *801_Brandsynslokaliteter* er ligesom laget *201_Aktive_anlæg* baseret på et regneark/CSV-fil, som fremgår af appendiks 10. En af redningsberedskabernes opgaver er brandsyn. Formålet med brandsyn er at forebygge eller mindske faren for brand gennem rådgivning og information (Forsvarsministeriet, 2018). Nogle redningsberedskaber anvender brandsynsprogrammet Frida til administration heraf. Fra Frida er det muligt at eksportere data til et regneark eller en CSV-fil (Danske Beredskaber & DBI, 2018), hvilket giver et potentiale i at overføre data herfra til GIS-plattformen. I GIS-plattformen er brandsynslokaliteterne farvesorteret efter lovgivning.

I afsnit 5.1.2 er det belyst, at det er muligt at importere WMS-, og WFS-lag til GIS²⁸. I løsningsforslaget er tre forskellige WMS-lag implementeret: et baggrundskort med angivelse af vejnettet og bygningsmasse i gråtoner, et lag med angivelse af kommuneskel samt et lag med matrikelskel og matrikelnumre. De tre lag udbydes via QGIS-pluginnet *Kortforsyningen*, som giver adgang til kortmateriale fra Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

IFC2GIS-script

Som vist i figur 8-2 og beskrevet i det dertilhørende afsnit 8.1 er der udviklet et script i Python, der fungerer som bindeled mellem BIM-plattformen og GIS-plattformen. IFC-data og shapefiledata anvender forskellige datastrukturer til lagring af data, som det er beskrevet i afsnit 5.1 og

5.2, og det betyder, at IFC-filernes data skal transformeres, så de kan skrives ind i shapefilen og derved bearbejdes i GIS-plattformen. I dette afsnit gennemgås de overordnede funktionaliteter af

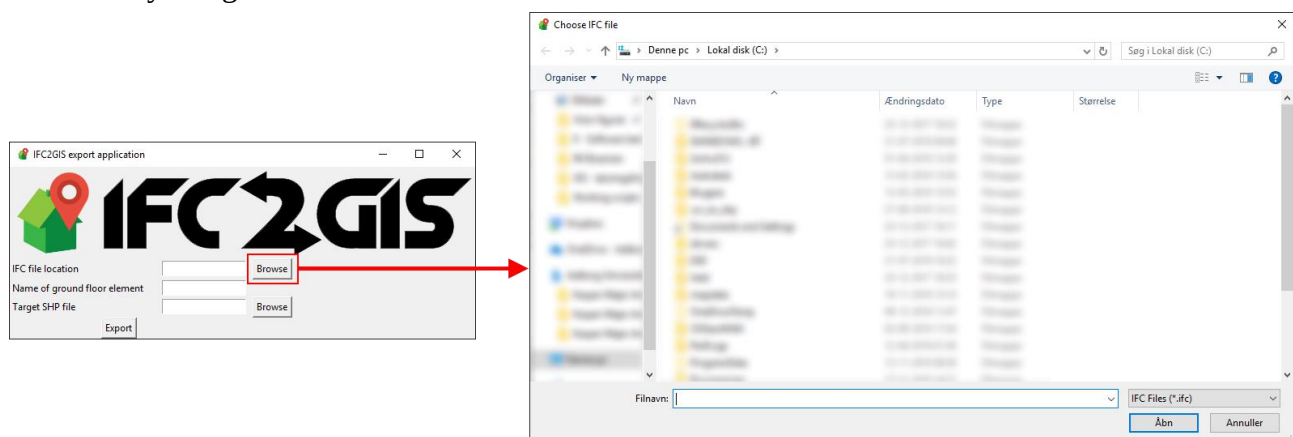


Figur 8-10: Brugerinterface ved åbning af scriptet. Brugeren skal definere IFC-filsti, navn på terrændækelement samt shapefilsti.

²⁸ WMS (Web Map Service) og WFS (Web Feature Service) er to typer data, som kan hentes ind i et GIS-program. De består af hhv. raster- og vektordata. De er blevet yderligere beskrevet i afsnit 5.1.1.

scriptet, men selve kildekoden gennemgås ikke i det følgende. En detaljeret beskrivelse af scriptets kildekode findes i appendiks 9; selve kildekoden (i Pythons .py-format) samt dertilhørende relevante filer findes i appendiks 8.

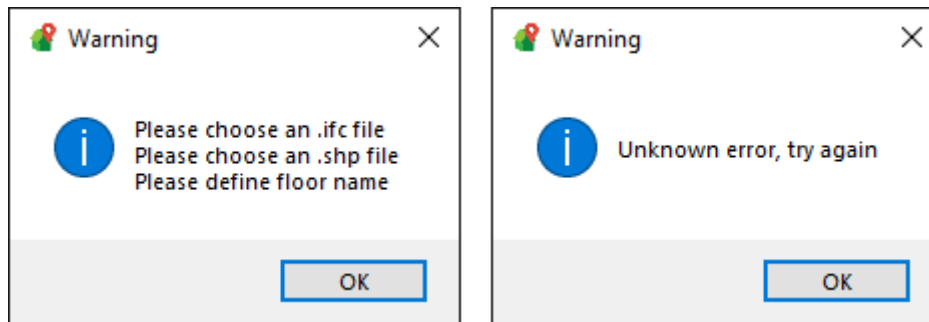
Scriptet, kaldet IFC2GIS, er skrevet i Python 3.6 og har et simpelt brugerinterface (vist i figur 8-10), som giver brugeren mulighed for at definere en IFC-fil, som skal have data eksporteret, samt en shapefil, som skal have data importeret. Disse filer kan indtastes manuelt²⁹ i de hvide tekstbokse i programmet eller via et filbrowservindue, som åbnes ved at trykke på én af de to ”Browse”-knapper i programmet – dette er illustreret på figur 8-11. Denne metode er mere sikker, idet manuel indtastning af filens sti er behæftet med stor risiko for at indtaste forkerte informationer, så eksporten fejler. Da scriptet blot er en grov prototype, er kun de med nødvendige funktionaliteter implementeret – det vil sige læsning af basal geometri i IFC-filen og overførsel af denne til shapefilen. Det betyder blandt andet, at brugeren manuelt skal definere navnet på det element (i prototypen defineret som terrændækket), som skal være basis for det spatiale element (polygonen), som oprettes i shapefilen. Dette diskuteres yderligere senere i dette afsnit.



Figur 8-11: Når brugeren trykker ”Browse”, fremkommer et filbrowservindue til nemmere lokation af hhv. IFC-fil og shapefil.

Når brugeren trykker på ”Export”-knappen i programmet, bliver der først lavet en kontrol af, at de indtastede informationer er korrekte. Dette inkluderer, hvorvidt brugeren har valgt en IFC-fil og en shapefil til hhv. læsning og skrivning, om brugeren har skrevet noget i terrændæk-feltet, samt om indholdet af dette felt findes i IFC-filen. Der er desuden lavet en ”catch-all”-fejlmeddelelse i tilfælde af uforudsete fejl ved eksekvering – de to typer fejl ses af figur 8-12.

²⁹ Enten som absolut sti (eksempelvis **C:/Users/Brugernavn/GIS/Data/Lag/501_Bygningsdata.shp**) eller relativ sti i forhold til den lokale placering af IFC2GIS-programmet (eksempelvis **Data/Lag/501_Bygningsdata.shp**, hvis scriptet ligger i mappen **C:/Users/Brugernavn/GIS**).



Figur 8-12: De to typer fejlmeddelelser. Til venstre: forudsete fejl giver beskrivende fejlmeddelelser; til højre: uforudsete fejl giver en ukonkret fejlmeddelelse.

Når brugeren trykker ”Export”, udfører koden først tre ting, når den læser i IFC-filen: den finder bygningens rotation, den finder globale koordinater (bygningens placering i verden), og den finder lokale koordinater (placering af de enkelte koordinater for bygningselementets fikspunkter – eksempelvis hjørner). Disse beskrives i det følgende.

Bygningens rotation

Alle bygningselementerne er beskrevet separat og uden rotation. Bygningselementerne er i stedet defineret i forhold til et projektspecifikt koordinatsystem (kaldet *project north* i Revit), så bygningen er arbejdsprocesmæssigt lettere at behandle. Dette koordinatsystem er også til stede i IFC-filen, og den rotation, som beskriver bygningens faktiske placering i forhold til nord, er defineret ét sted i IFC-filen. Nedenfor vises et udklip af IFC-filen for den eksempelbygning, som anvendes i dette projekt.

```
#44734= IFCDIRECTION( (0.935795217957763,0.352544054051949,0.) );  
#44736= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#6,#19,#44734);  
#44737= IFCLOCALPLACEMENT($,#44736);  
#44738= IFCSITE('0q0rhy5Y19y8tic6r5nIin',#41,'Surface:240447',$,',$,#44737,  
#44732,$,.ELEMENT.,(57,3,56,961364),(9,56,31,736984),0.,$,,$);
```

I dette udklip indeholder den øverste linje *IfcDirection*, som indeholder rotationsinformationer (markeret med gul). De er givet i formatet $\cos(v)$, $\sin(v)$, hvor v er vinklen for bygningens rotation. I dette tilfælde svarer det til en rotation (mod urets retning) på $20,64^\circ$ i forhold til *project north*. Resten af IFC-filens elementer behøver således ikke tage højde for rotationen.

Bygningens globale placering

I IFC-filen er bygningens globale placering givet ved WGS 84-koordinater to steder: i *IfcSite*, som vist ovenfor, samt i *IfcPostalAddress*, men i to forskellige formater: *IfcSite*-koordinaterne er i *GMS*-format (grader, minutter, sekunder), og *IfcPostalAddress*-koordinaterne er i *decimalgrader*format. Da decimalgrader er procesmæssigt mere simpelt at arbejde med i prototypen, er *IfcPostalAddress*-koordinaterne valgt som basis for dataudtræk. De er vist med gul markering i det følgende udsnit af IFC-filen.

```
#111= IFCPOSTALADDRESS($,$,$,$,('Hjørringvej 37 9900 Nørresundby'),  
$,,$,'57.0658226013184',,$,'9.94214916229248');
```

WGS 84-koordinatsystemet er et udbredt *geografisk koordinatsystem*, hvilket betyder, at koordinatsystemet er baseret på en ellipsoid referenceflade (en ”fladtrykt” kugleformet referenceflade, som er baseret på Jordens geometri). Som modsætning hertil findes *projekterede koordinatsystemer*, som er

2D-afledte afbildninger af Jordens overflade. Det er projekterede koordinatsystemer, som af praktiske årsager anvendes som kortmaterialer, og Web Mercator er en projektion, som anvendes af de fleste webbaserede kortudbydere som Google Maps, OpenStreetMap mv. Web Mercator er desuden standardprojektion for QGIS. Det er derfor ønskeligt at transformere IFC-filens WGS 84-koordinater til det XY-baserede Web Mercator-system. Der er en række problemstillinger ved denne transformering, som diskuteres i afsnit 9.1.6.

Bygningens lokale koordinater

En anden type koordinater, som læses i IFC-filen, er lokale koordinatsæt. Alle bygningselementerne i IFC-filen har en række geometriske attributdata, og blandt disse er *IfcCartesianPoint*, som beskriver bygningselementets placering i forhold til projektets *base point*. Et udklip af IFC-filen for eksempelbygningen er vist i det følgende. Dette udklip viser geometrien for dækelementet "Terraendaek" (altså bygningens terrændæk).

```
#43411= IFCCARTESIANPOINT((-11886.,-5285.67918940282));  
#43413= IFCCARTESIANPOINT((11886.,-5285.67918940282));  
#43415= IFCCARTESIANPOINT((11886.,-1108.67918940281));  
#43417= IFCCARTESIANPOINT((13434.,-1108.67918940281));  
#43419= IFCCARTESIANPOINT((13434.,391.320810597195));  
#43421= IFCCARTESIANPOINT((11886.,391.320810597192));  
#43423= IFCCARTESIANPOINT((11886.,4626.32081059717));  
#43425= IFCCARTESIANPOINT((-11886.,4626.32081059717));  
#43427= IFCCARTESIANPOINT((-11886.,2740.39594701423));  
#43429= IFCCARTESIANPOINT((-13434.,2740.39594701423));  
#43431= IFCCARTESIANPOINT((-13434.,-1363.67918940297));  
#43433= IFCCARTESIANPOINT((-11886.,-1363.67918940297));  
#43435= IFCPOLYLINE((#43411,#43413,#43415,#43417,#43419,#43421,#43423,  
#43425,#43427,#43429,#43431,#43433,#43411));  
#43437= IFCARBITRARYCLOSEDPROFILEDEF(.AREA.,'Terraendaek',#43435);
```

Den nederste linje, *IfcArbitraryClosedProfileDef*, angiver elementets type (en "arbitrær lukket profil", svarende til en polygon uden en foruddefineret form som en firkant eller cirkel). Profilen består af en polylinje (en linje bestående af flere linjesegmenter), som defineres i *IfcPolyline* – denne indeholder referencer til alle XY-koordinaterne for linjesegmenterne (alle instanser af *IfcCartesianPoint*). Hver instans af *IfcCartesianPoint* indeholder to koordinatpunkter, som er givet i forhold til projektets *base point*. Disse koordinater læses og lagres, inden de skrives til shapefilen.

Nuværende begrænsninger i scriptet

Scriptet er blot en prototype til at vise proof-of-concept og skal således ikke afspejle et færdigt produkt. Det er tydeligt i de begrænsninger, som er til stede i scriptet på dets nuværende stadie – eksempelvis skal terrændækeelementets navn manuelt defineres ved eksport – i en virkelig arbejdsproces vil den eksportansvarlige (en medarbejder i den forebyggende afdeling i et beredskab) sandsynligvis ikke kende denne information.

Herudover eksporteres kun basal geometri fra IFC-filen. Shapefilen giver med den tilhørende databasefil (DBF-fil) mulighed for lagring af en lang række attributdata, som potentielt kan stamme fra IFC-filen. Disse data er ikke implementeret i prototypen af scriptet, men vil i praksis sandsynligvis

kunne implementeres på overordnet samme vis som de allerede implementerede funktioner. Blandt andet data som bygningsareal, etageantal, bygningsanvendelse og ejerforhold vil kunne eksporteres, såfremt dataene er tilgængelige i IFC-filen.

8.2 Løsningsforslag del 2 – GIS-server

Af den fysiske model (præsenteret i afsnit 3.3, figur 3-4) fremgår det, at redningsberedskabet har et behov for at kunne tilgå GIS-projektet på mobile enheder på et skadested. Det i afsnit 8.1 præsenterede løsningsforslag virker lokalt og er gemt lokalt på brugerens computer. Derfor undersøges muligheder for publicering af løsningsforslagets GIS-del, således redningsberedskabet kan tilgå informationerne på mobile enheder på et skadested.

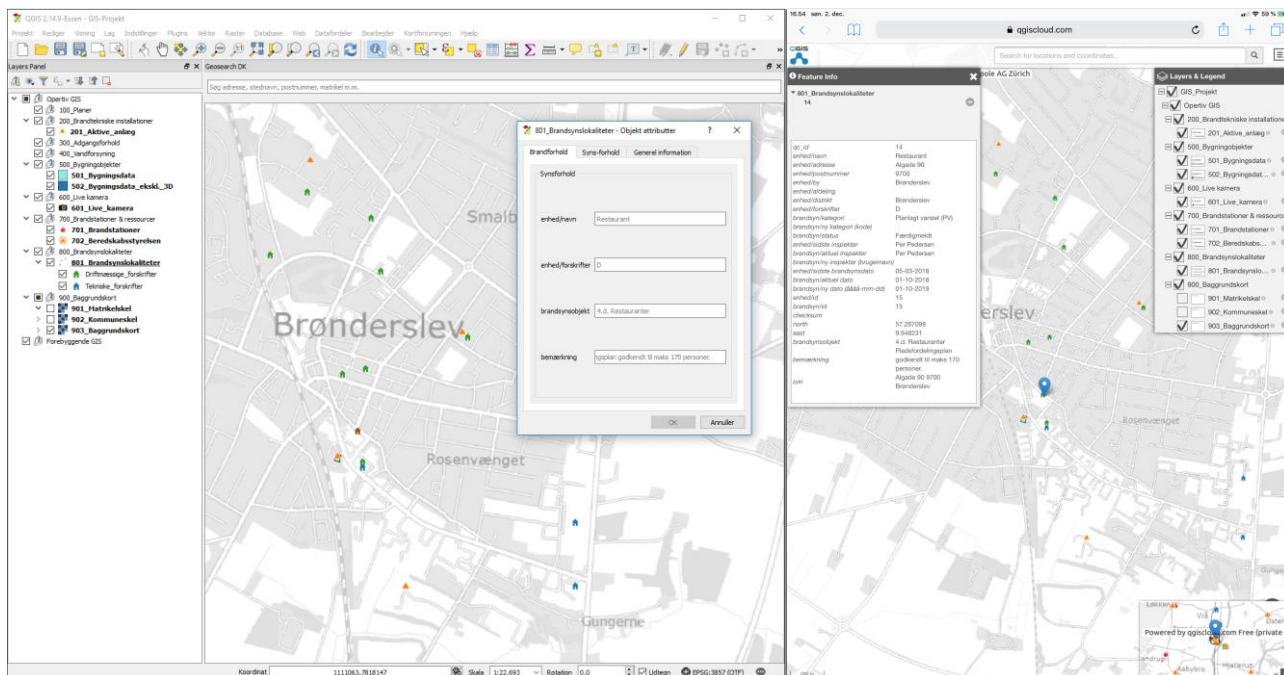
Undersøgelsen tager udgangspunkt i QGIS, idet QGIS er anvendt som GIS-program i første del af løsningsforslaget. Tre forskellige muligheder for publicering af GIS-projektet er identificeret og belyses i det følgende. De tre alternativer er henholdsvis de proprietære løsninger *QGIS Cloud* og *NextGIS* samt potentialet i opsætning af en QGIS-server.

QGIS Cloud

QGIS Cloud er et plugin til QGIS, som muliggør at GIS-projektet uploades til en brugerkonto på QGIS Cloud-servere. QGIS Cloud udbydes i både gratis- og betalingsudgaver. De væsentligste forskelle ligger i online lagerkapacitet og adgangskontrol for brugere (brugernavn og adgangskode for at tilgå GIS-projektet) (Sourcepole, 2018). I undersøgelsen er gratisversionen af QGIS Cloud anvendt. QGIS Cloud giver brugeren mulighed for at publicere GIS-projektet, så det kan tilgås via en webbrowser. Det i dette projekt udarbejdede GIS-projekt er publiceret via QGIS Cloud for at vurdere løsningens funktionalitet³⁰. Den venstre del af figur 8-13 viser GIS-projektet åbnet via QGIS på en computer, og illustrationen til højre angiver GIS-projektet åbnet på en tablet via en webbrowser.

Heraf ses nogle problemstillinger med visningen af informationer, hvoraf nogle af dem fremhæves i det følgende. I QGIS Cloud er det ikke muligt at lave en faneopdelt visning af informationer, som det er i QGIS. Desuden er det ikke muligt at tilgå de i QGIS-udviklede handlinger. I forhold til løsningsforslagets specifikke arbejdsproces har QGIS Cloud endnu en ulempe: når projektet uploades til QGIS Cloud, gemmes shapefilerne også på QGIS Cloud-serverne. Det betyder, at disse ikke kan tilgås og redigeres manuelt, hvilket er hensigten med projektets udarbejdede script.

³⁰ GIS-projektet kan tilgås via: https://qgiscloud.com/kman12/GIS_Projekt/

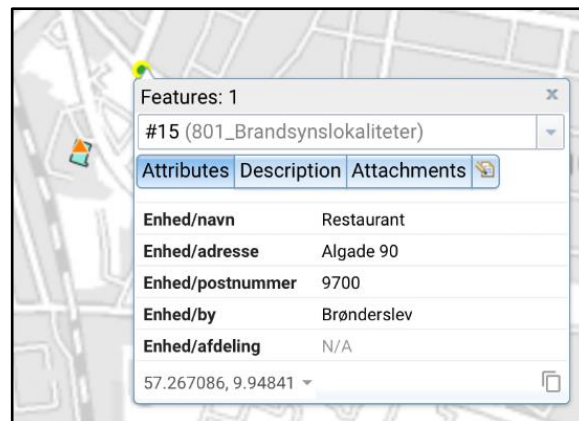


Figur 8-13: Til venstre: GIS-projektet åbnet i QGIS på brugerens PC. Til højre: GIS-projektet publiceret ved hjælp af QGIS Cloud og åbnet på en tablet via en webbrowser. Bemærk, at den faneopdelte information i QGIS til venstre ikke overføres i faneopdeling ved eksport til QGIS Cloud.

NextGIS

NextGIS er en løsning, som bortset fra enkelte forskelle minder om QGIS Cloud. NextGIS installeres som et plugin til QGIS, hvortil der oprettes en bruger-konto. Ligesom QGIS Cloud kan der oprettes en gratis- og betalingsudgave. I dette projekt undersøges anvendelsesmulighederne med gratisversionen. Det i afsnit 8.1 præsenterede løsningsforslag er også publiceret til NextGIS³¹.

Som QGIS Cloud er NextGIS ikke i stand til at vise faneopdelte informationer eller give brugeren adgang til de QGIS-udviklede handlinger. Problematikken fremgår af figur 8-14, hvor det ses, at informationerne vises i én lang række. I modsætning til QGIS Cloud er GIS-projektet stadig gemt lokalt på brugerens PC samtidig med, at det er tilgængeligt via NextGIS-brugerkontoen. Det giver mulighed for at redigere shapefilerne manuelt med det i løsningsforslagets udarbejdede script. For at ændringerne fremgår at det publicerede GIS-projekt, er det efterfølgende nødvendigt at opdatere det pågældende lag i NextGIS. Problemstillingen herved fremkommer, hvis flere brugere skal have adgang til shapefilerne samt mulighed for at anvende scriptet.



Figur 8-14: Publicering af GIS-projektet ved hjælp af NextGIS. Udsnit af informationsvisning.

³¹ GIS-projektet kan tilgås via: <http://redning.nextgis.com/resource/106/display>

Det stiller krav til øget tilgængelighed af GIS-projektet (specifikt shapefilerne), samt mulighed for at opdatere GIS-projektet i NextGIS.

Opsætning af server

De to ovenfor præsenterede løsninger på at gøre GIS-projektet tilgængeligt på mobile enheder kræver, at skadestedsledelsen har mobil internetadgang, idet GIS-projektet som udgangspunkt kun er tilgængeligt i en online-version. Af afsnit 3.3 fremgår det, at det ikke er givet, at skadestedsledelsen har en tilstrækkelig mobil internetadgang ved indsatser. Afsnittet identificerer en mulig løsning herpå, hvor GIS-projektet dels kunne være tilgængeligt igennem en lokal kopi i køretøjerne og dels være tilgængeligt ved hjælp af internetadgang.

I løsningsforslagets første del er programmet QGIS anvendt. I QGIS er det muligt at opsætte en QGIS-server, som er i stand til at publicere GIS-projektet (Open Source Geospatial Foundation, 2018). Opsætningen og undersøgelse af anvendelsesmulighederne ved QGIS-server er afgrænset i dette projekt jævnfør afgrænsningen i afsnit 1.4. I forbindelse med en inspirationsdag med GIS-konsulentvirksomheden Septima³² om anvendelsen af GIS hos redningsberedskaberne er det klarlagt, at Septima har udviklet en løsning hertil. Septima har udviklet konceptet *SyncBox*, som består af en computer, hvorpå QGIS er installeret (Septima, 2018). Via denne computer er det muligt for skadestedsledelsen at tilgå GIS-projektet, og parallelt med denne *SyncBox* opsættes en server, hvorpå GIS-projektet også forefindes. I de tilfælde, hvor skadestedet er placeret i et område med dårligt internetforbindelse, anvendes *SyncBox*'s lokale kopi. Ved internetadgang sikrer *SyncBox*en, at det lokalt gemte projekt er identisk med server-projektet for at sikre et valid data og et opdateret GIS-projekt.

Opsummering på publiceringspotential

Ud fra forrige afsnits beskrevne alternativer til publicering af GIS-projektet opsummeres metodernes anvendelighed i tabel 8-3.

Af tabel 8-3 fremgår det, at opsætning af en QGIS-server med en tilknyttet *SyncBox* sandsynligvis vil adressere de fleste behov, som redningsberedskabet har – specifikt behovet for offline adgang til GIS-projektet i tilfælde af, at der ingen internetforbindelse er tilgængelig.

³² Inspirationsdagen er afholdt for regionale redningsberedskaber og omhandler mulighederne for anvendelse af GIS i beredskabsmæssig sammenhæng. En redegørelse over inspirationsdagens emner fremgår af appendiks 5.

	QGIS Cloud	NextGIS	QGIS-server	QGIS-server + SyncBox
Offline adgang	Nej	Nej	Nej	Ja – lokal kopi med synkroniseringsmulighed
Manuel redigering af shapefiler	Nej	Ja – shapefiler skal efterfølgende opdateres i NextGIS	Ja	Ja
Platform-uafhængig	Ja – via webside	Ja – via webside	Ja	Delvis – offline adgang via SyncBox (QGIS)
Faneopdeling af informationer	Nej	Nej	Potentielt – afhængig af server-opsætning	?
Open source	Nej	Nej	Ja	?
Gratis³³	Delvis	Delvis	Ja	?

Tabel 8-3: Sammenligningstabel over de fire servermuligheder, som er undersøgt i dette projekt. QGIS-server er ikke konkret afprøvet i projektet, men er baseret på online dokumentation. SyncBox har en meget begrænset dokumentation, så en del af funktionerne er ukendte – disse er markeret med "?" i tabellen.

8.3 Fremtidige arbejdsprocesser

I afsnit 8.1 og 8.2 ovenfor er projektets løsningsforslag beskrevet på baggrund af de identificerede problemstillinger, som redningsberedskaberne oplever ved vidensdeling. Ud fra det præsenterede løsningsforslag og den tidligere præsenterede sekvensmodel over eksisterende arbejdsprocesser (figur 1-2 i afsnit 1.1.1) præsenteres i det følgende en optimeret sekvensmodel, hvori løsningsforslaget er indarbejdet. Den optimerede sekvensmodel fremgår af figur 8-15.

Som tidligere angivet i afsnit 8.1 antages det, at beredskaberne modtager en 3D-bygningsmodel i IFC-format til sagsbehandling eventuelt suppleret med PDF-materiale. Arbejdsprocessen ved sagsbehandling påvirkes ikke ved implementering af løsningsforslaget bortset fra, at sagsbehandleren efter endt sagsbehandling skal eksportere relevante informationer til GIS-plattformen via det udarbejdede script. Eksportprocessen er tidligere beskrevet og er angivet på figur 8-2.

Ved at gøre GIS-plattformen tilgængelig for redningsberedskabets vagtcentraloperatører skabes der mulighed for, at de kan granske informationer lagret i GIS-plattformen. Det giver vagtcentraloperatøren mulighed for at videregive relevante informationer til skadestedsledelsen via tale. Herved kan informationerne understøtte skadestedsledelsens beslutningsgrundlag ved operative indsatser. I relation til problem- og måltræerne, som fremgår af figur 1-5, kan sådan et vidensgrundlag være en medvirkende faktor til en mere effektiv indsats ved en hændelse.

Af sekvensmodellen fremgår det, at der er potentiale for yderligere udvikling af projektets løsningsforslag, blandt andet ved at gøre GIS-projektet platformuafhængigt, således at skadestedsledelsen efter behov selv kan granske i informationer i GIS-projektet. Derved kan vagtcentraloperatøren og

³³ Udover etableringsomkostninger som indkøb af hardware.

skadestedsledelsen understøtte hinanden i informationsgranskning, hvilket understøtter Nordjyllands Beredskabs vision omkring skadestedsledelse, som det fremgår af afsnit 3.2.2. Af afsnit 8.2 fremgår det, at der er et potentiale herfor, idet forskellige løsninger til publicering af GIS-projektet er belyst. Dette kan bistå i sikring af, at GIS-projektet er tilgængeligt på mobile enheder.

I afsnit 1.1.1 er der identificeret fire nedbrud i de eksisterende arbejdsprocesser. Nedbruddene skal indtænkes ved udvikling af et løsningsforslag, da nedbruddene er problemstillingens emergente konsekvenser – den centrale problemstilling (manglende vidensdeling på tværs af beredskabets afdelinger) er årsag til en række observerbare nedbrud i kommunikation og vidensdeling. De observerede nedbrud og de tiltag, som er gjort for imødekommelse af disse, gennemgås i det følgende.

Nedbrud 1: Byggesager udnyttes ikke efter endt sagsbehandling

Dette nedbrud skyldes delvist, at den nødvendige teknologiske infrastruktur, som kræves for at kunne udnytte informationerne efter endt byggesagsbehandling, ikke eksisterer i redningsberedskabernes organisation. Projektets løsningsforslag kan være et udgangspunkt for denne vidensdeling: der etableres en GIS-baseret vidensdatabase, der fungerer som samlingspunkt for de forskellige afdelinger, der alle kan lagre og læse relevante informationer fra databasen. En del af disse informationer er baseret på det modtagne byggesagsmateriale, som bearbejdes af myndighedsafdelingen, og denne informationskilde kan ved brug af projektets løsningsforslag udnyttes i højere grad.

Nedbrud 2: Vagtcentralen har ikke adgang til bygningsmodellen og kan ikke videreformidle informationer fra denne

De 3D-modeller, der kan indgå i det materiale, som myndighedsafdelingen modtager, bliver ikke anvendt operativt, fordi hverken vagtcentralen eller den operative afdeling har adgang til disse. GIS-plattformen kan være kilde til dataudtræk i forbindelse med hændelser, og kan således også forhindre denne type nedbrud.

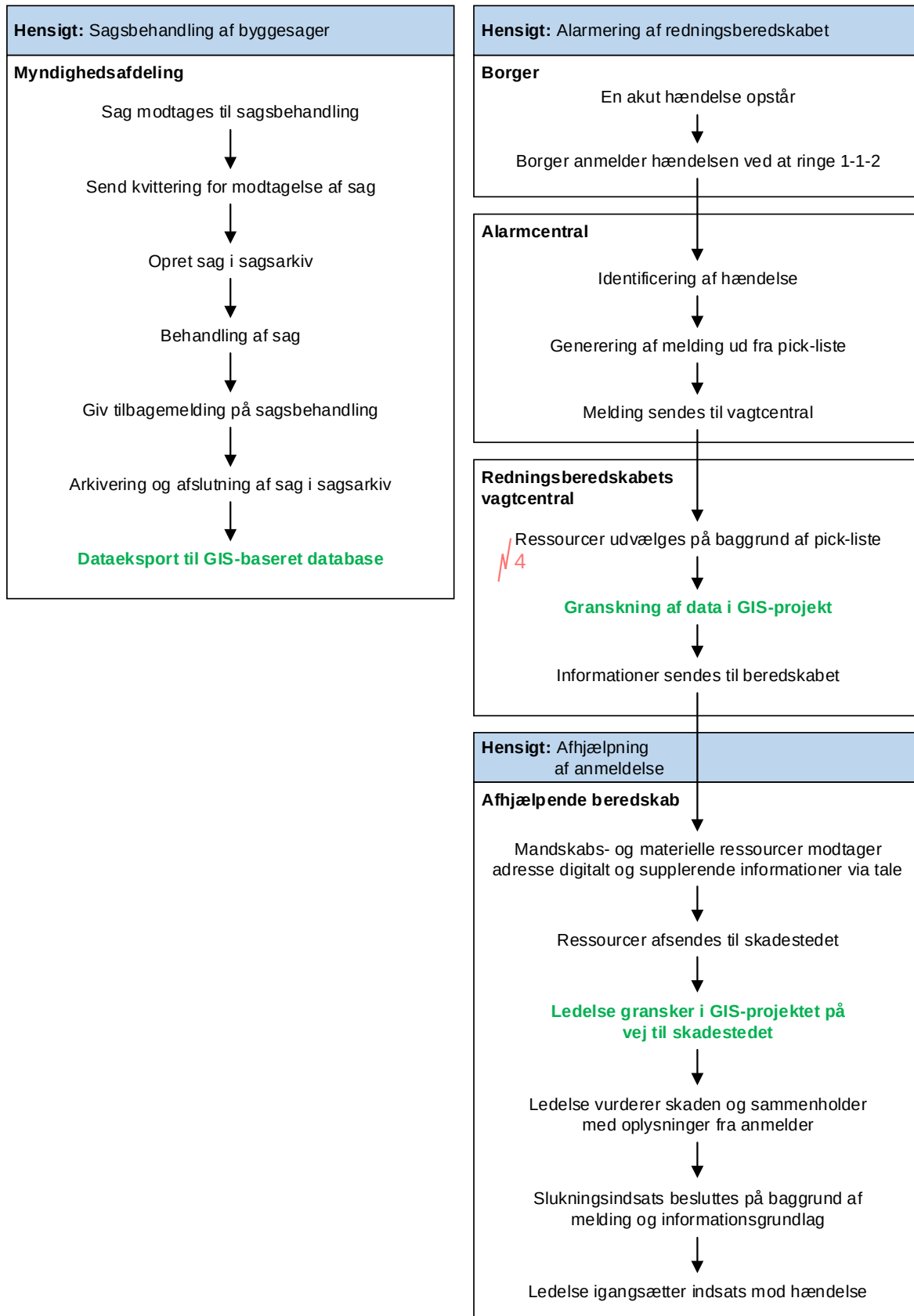
Nedbrud 3: Skadestedsledelsen kan ikke let tilgå en vidensdatabase om bygningen under hændelsen

Dette nedbrud er delvist identisk med nedbrud 2 – der er dog den forskel, at skadestedsledelsen i langt højere grad har behov for mobil og platformuafhængig adgang til GIS-databasen. Projektet har i nogen grad berørt en løsning på denne problemstilling i afsnit 8.2, hvor potentialet for opsætning af en GIS-server er belyst. Der er en række problemstillinger, som ikke berøres dybdegående i dette projekt, heriblandt sikring af opdateret materiale ved udrykninger i tilfælde af manglende internetforbindelse.

Nedbrud 4: Ingen dynamisk disponering baseret på hændelsestypen og skadestedet

Udrykningsbehovet varierer på baggrund af blandt andet hændelsestyper, og derfor har beredskaberne behov for en mere hensigtsmæssig disponering af udrykningsmateriel og -mandskab. Dette aspekt er ikke berørt i projektet.

Således er tre af de fire identificerede nedbrud blevet behandlet i dette projekt. En sekvensmodel, som kan facilitere anvendelsen af et produkt som projektets prototype, er præsenteret i det følgende. Denne er baseret på den i afsnit 1.1.1 præsenterede sekvensmodel, som viser eksisterende arbejdsprocesser.



Figur 8-15: Ny sekvensmodel, som angiver en potentiel fremtidig arbejdssekvens for redningsberedskabets aktører ved indarbejdelse af en GIS-baseret vidensdatabase. De nye arbejdsprocesser er markeret med grøn.

9 Diskussion

Dette afsnit belyser problemstillinger i projektets løsningsforslag, samt hvorledes disse kan adresseres. Derudover belyses opmærksomhedspunkter, som skal have særlig fokus ved videre bearbejdning og fremtidig anvendelse. I forbindelse med behovsafklaringen er brugernes funktionalitets- og informationsbehov identificeret. Alle brugernes behov er ikke indarbejdet i projektets løsningsforslag, hvorfor udviklingspotentialet for løsningsforslaget belyses. De efterfølgende afsnit er opdelt i en diskussion og adressering af problemstillinger ved løsningsforslaget, som det er på nuværende tidspunkt (afsnit 9.1 og tilhørende underafsnit), samt afklaring af potentialet for videreudvikling af yderligere funktionaliteter i projektets løsningsforslag (afsnit 9.2 og tilhørende underafsnit).

9.1 Diskussion og adressering af problemstillinger ved løsningsforslaget

I dette afsnit belyses identificeret problemstillinger i projektets løsningsforslag samt opmærksomhedspunkter, som brugerne bør være opmærksomme på ved anvendelse af løsningsforslaget. I forbindelse med en opfølgende workshop er projektets løsningsforslag præsenteret for potentielle brugere. Hensigten hermed er at give brugerne mulighed for at give feedback på løsningsforslaget. Den identificerede feedback og øvrige problemstillinger i projektets løsningsforslag (og adressering heraf) præsenteres i det følgende.

Problemstillingerne præsenteres i følgende kategorier: problemstillinger med relation til inddeling af informationer, interne- og eksterne datakilder, generelle problemstillinger og tekniske aspekter.

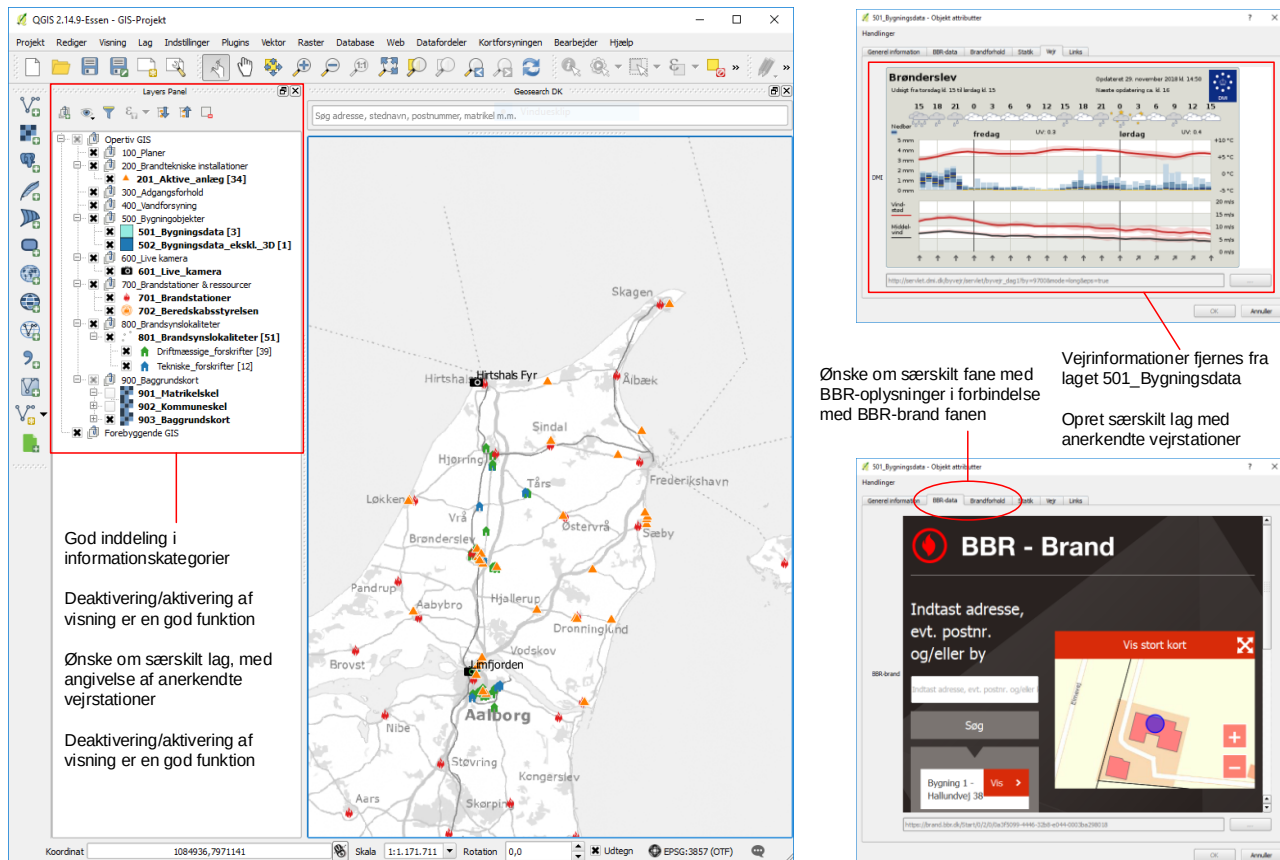
9.1.1 Inddeling af informationer i GIS-plattformen

I GIS-plattformen er informationerne inddelt i kategorier efter passende emner i forskellige niveauer. I forbindelse med præsentationen af løsningsforslaget overfor brugerne, gav de feedback herpå. Den overordnede feedback fremgår af figur 9-1 og belyses i det følgende.

I GIS-projektet er temagrupper fra Danske Beredskabers Grunddatamodel indarbejdet. I forbindelse med præsentationen af løsningsforslaget bemærker brugerne, at den tematiske opdeling af informationer virker godt – specielt muligheden for at aktivere og deaktivere temagrupper samt specifikke lag, hvilket giver brugerne mulighed for at foretage en specialiseret søgning i GIS-projektet. Brugere kan eksempelvis deaktivere øvrige lag og temagrupper for at fjerne unødige informationer fra kortområdet og se, hvorvidt et bygningsobjekt er omfattet af brandsyn eller ej.

Foruden indarbejdelse af Danske Beredskabers Grunddatamodels temagrupper har brugerne responderet positivt på inddelingen af informationerne i de enkelte lags faner. De fremhæver specifikt, at det er positivt, at den første fane angiver væsentlige informationer om bygningsobjektet, hvor de efterfølgende faner giver en dybere indsigt i bygningsobjektet.

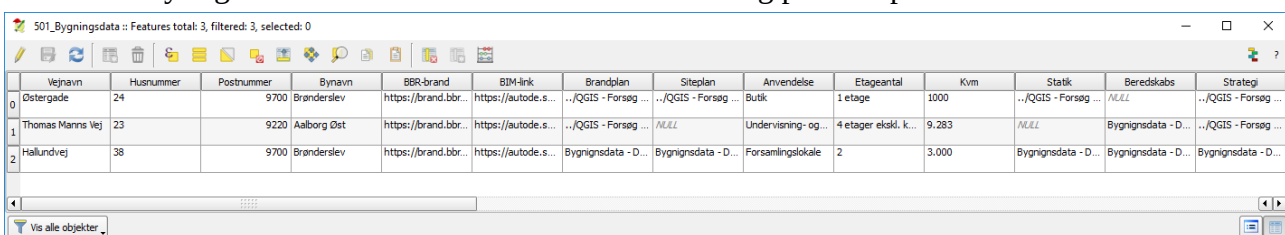
Som det fremgår af figur 9-1, ønsker brugerne et særskilt lag med angivelse af anerkendte vejrstationer og indarbejdelse af informationer fra BBR. Disse aspekter belyses i afsnit 9.1.3.



Figur 9-1: Brugerfeedback på inddeling af informationer i GIS-plattformen.

I laget 501_Bygningsdata fremgår en fane med links. Fanen er en teknisk nødvendighed, for at brugerne kan indtaste webadresser til eksterne ressourcer, som anvendes til handlinger i QGIS. Et eksempel herpå er kortmaterialet Google Maps, hvor der af fanen fremgår en webadresse til Google Maps med zoom på det pågældende objekt. Via handlinger åbnes webadressen i brugerens webbrowser. En mulig løsning herpå er at designe attributvinduet på en sådan måde, at felter indeholdende links, som anvendes til handlinger, ikke vises. Det betyder dog, at brugere skal indtaste denne data på anden vis end øvrige data.

Der er desuden en problemstilling, hvis der manuelt oprettes objekter i GIS-projektet. Ved oprettelsen af objektet skal brugeren manuelt indtaste de tilhørende attributter (adresse, anvendelse mv.), og hertil også definere webadresserne for de eksterne ressourcer. For at dette kan lade sig gøre, skal fanen *Links* være synlig. Der er ikke fundet en umiddelbar løsning på dette problem.



	Vejnavn	Husnummer	Postnummer	Bynavn	BBR-brand	BIM-link	Brandplan	Siteplan	Anvendelse	Etageantal	Kvadratmeter	Statik	Beredskabs	Strategi
0	Østergade	24	9700	Brønderslev	https://brand.bbr...	https://autode.s...	../QGIS - Forsøg ...	../QGIS - Forsøg ...	Butik	1 etage	1000	../QGIS - Forsøg ...	NEEL	../QGIS - Forsøg ...
1	Thomas Manns Vej	23	9220	Aalborg Øst	https://brand.bbr...	https://autode.s...	../QGIS - Forsøg ...	NEEL	Undervisning- og ...	4 etager ekskl. k...	9.283	NEEL	Bygningsdata - D...	../QGIS - Forsøg ...
2	Hallundvej	38	9700	Brønderslev	https://brand.bbr...	https://autode.s...	Bygningsdata - D...	Bygningsdata - D...	Forsamlingslokale	2	3.000	Bygningsdata - D...	Bygningsdata - D...	Bygningsdata - D...

Figur 9-2: Illustration af attributtabel for løsningsforslagets GIS-projekt for laget 501_Bygningsdata.

Figur 9-2 illustrerer attributtabelen for laget *501_Bygningsdata*. I løsningsforslagets GIS-projekt er enkelte objekter oprettet, hvilket gør det nemt for brugeren at identificere det ønskede objekt. Det kan være sværere i de tilfælde, hvor der i GIS-projektet findes mange objekter, specielt ved løbende vedligeholdelse af informationerne, idet objekterne i projektet er angivet i den rækkefølge, som de er opført i, når de vises i attributtabelen.

9.1.2 Interne datakilder

I løsningsforslaget er indarbejdet informationer, som redningsberedskabet i forvejen er i besiddelse af. Det er blandt andet informationer, som de får tilsendt og anvender i forbindelse med sagsbehandling. I de følgende afsnit belyses problemstillinger i relation til anvendelse af interne informationer i GIS-projektet.

Informationer om brandsynslokaliteter

I løsningsforslaget er informationer omkring brandsynslokaliteter indarbejdet, hvilket brugerne anser for værende godt. Det giver skadestedsledelsen mulighed for at se, hvem der senest har gået brandsyn på en pågældende lokalitet³⁴. Derved kan seneste synsmand kontaktes og inddrages som en ressourceperson. Synsmanden kan have et indgående kendskab til bygningen, idet vedkommende har sat sig ind i bygningens fareområder. Derudover kan der fremgå bemærkninger om de specifikke brandsynsobjekter, som kan være relevante i en operativ henseende (appendiks 4).

Informationer omkring brandsynslokaliteter er eksporteret fra brandsynsprogrammet Frida og manuelt importeret til QGIS. Redningsberedskabet foretager dagligt brandsyn, hvorved informationer løbende opdateres og indskrives i brandsynsprogrammet. En problematik herved er at definere, hvor ofte og hvornår informationerne skal opdateres i QGIS. Redningsberedskabet bør derfor foretage en vurdering af, hvor valide informationerne skal være i GIS-projektet for at vurdere, hvor ofte en opdatering bør foretages. Det betyder også, at det operative personel bør være bevidste om, at den information, som fremgår af GIS-projektet, ikke nødvendigvis er den nyeste.

I forbindelse med præsentationen af løsningsforslaget overfor potentielle brugere er det klarlagt, at der ofte lagres dokumenter i relation til de enkelte brandsynslokaliteter, eksempelvis pladsfordelingsplaner, brandstrategirapporter, indsatsplaner mv. Brugere bemærker, at det kunne være en fordel at have disse eksterne dokumenter tilgængelige via GIS-projektet. Det kræver umiddelbart en forholdsvis stor mængde manuelt arbejde at koble de forskellige dokumenter til GIS-projektet, hvilket også er gældende ved den løbende vedligeholdelse af informationerne. Informationerne om brandsynslokaliteter fremgår af en CSV-fil, hvilke ikke kan redigeres i QGIS. Dette besværliggør adresseringen af brugernes ønske om inklusion af brandsynsrelaterede dokumenter. En mulig løsning herpå er, at der oprettes et særskilt lag med referencer til ønskede dokumenter. Ved hjælp af et unikt enheds-ID og relationer mellem lag kan der skabes en relation fra det nyoprettede lag med dokumentreferencer

³⁴ En af redningsberedskabernes opgaver er brandsyn. Formålet med brandsyn er at forebygge eller mindske faren for brand gennem rådgivning og information (Forsvarsministeriet, 2018). Med foruddefinerede tidsintervaller foretager redningsberedskabet tilsyn (brandsyn) med de enkelte bygninger for at forebygge eller mindske faren for brand.

til laget med brandsynsinformationer. Ulempen ved en sådan løsning er, at referencer til de ønskede dokumenter manuelt skal indtastes og vedligeholdes.

Informationer om aktive anlæg

I løsningsforslaget indgår informationer om aktive anlæg, som er baseret på et regneark, der eksporteres til en CSV-fil. I forbindelse med præsentationen af løsningsforslaget overfor brugerne er det klarlagt, at redningsberedskabet samlet set har direkte adgang til informationerne eller kan tilgå dem via eksterne ressourcer. Informationerne er dog lagret forskellige steder i organisationen. Nogle informationer er lagret ved vagtcentralen og andre ved myndighedsafdelingen. Brugere anser dog et potentiale i dels samling af informationerne til anvendelse i GIS-projektet og anvendelse af informationerne i relation til operative indsatser. Blandt andet anses oplysninger om kontaktpersoner til de aktive anlæg som anvendelige på et skadested. Udover oplysninger om kontaktpersoner er oplysninger omkring anlæggets dækningsområde også relevante. Det kan have en direkte indflydelse på indsatstaktikken (appendiks 4).

Det kan derfor udledes, at der er et potentiale i anvendelse af informationerne, såfremt der etableres en samlet database over informationerne, som kan anvendes i GIS-projektet – eksempelvis et regneark, som kan eksporteres til CSV-formatet, hvilket giver mulighed for en automatisk opdatering i QGIS ved opdatering af CSV-filen.

Ligesom med informationer om brandsynslokaliteter, bør det vurderes hvor ofte informationer om aktive anlæg bør opdateres.

Adgang til 3D-bygningsmodeller

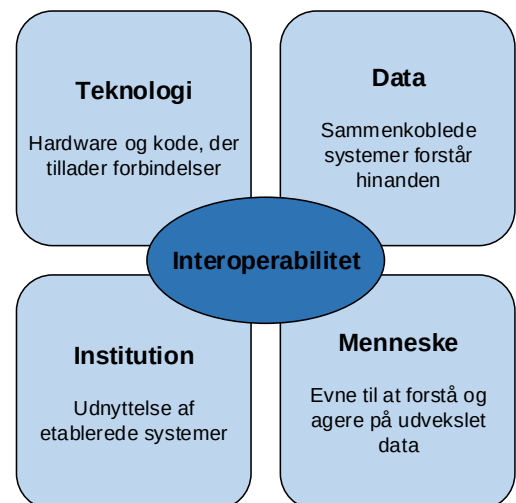
I løsningsforslaget er adgang til 3D-bygningsmodeller indarbejdet. Disse er indarbejdet således, at brugeren kan downloade og åbne en IFC-fil via et link; herudover er der oprettet en handling, der giver brugeren mulighed for at granske en 3D-bygningsmodel via brugerens webbrowser. En forudsætning herfor er, at redningsberedskabet er i besiddelse af en 3D-bygningsmodel. Brugere er i tvivl om, hvorvidt en 3D-bygningsmodel modtages i forbindelse med sagsbehandlingen. Det antages dog, at der er et potentiale for, at det i fremtiden kan blive en mulighed, idet IKT-bekendtgørelsen stiller krav om anvendelsen af formatet IFC til udveksling af 3D-bygningsmodeller ved offentlige og offentlig støttede byggerier – IFC-filerne udarbejdes således allerede, og så er det blot et spørgsmål om at udlevere disse filer som en del af byggesagsbehandlingen. Brugere argumenterer for, at manglende kendskab og kompetencer i praktisk anvendelse af bygningsmodeller (for både beredskaber og andre offentlige instanser) kan være en årsag til, at IFC-filerne ikke er en central del af byggesagsbehandlingsmaterialet (appendiks 4).

De afholdte interviews har vist, at der ved beredskaberne er et begrænset (eller ikkeeksisterende) kendskab til BIM. De forskellige BIM-niveauer (BIM-miljø, -platform og -værktøj), som er belyst i afsnit 5.2, kan anvendes til at analysere beredskabets BIM-kompetencer. BIM-miljøet, som refererer til de institutionelle og organisationsstøttede procedurer, er meget svagt for den afdeling af Nordjyllands Beredskab, der er anvendt som case i dette projekt. Organisationens har ikke kompetencer til at

behandle en eventuelt modtaget IFC-fil, og der er tilsyneladende ingen fremtidige planer for at IFC-filer udnyttes ved byggesagsbehandlinger.

Til trods herfor er der et ønske om at udvikle disse kompetencer i organisationen, idet de anser et potentiale i anvendelsen af bygningsmodeller. Under workshoppen er forsøgspersonerne præsenteret for nogle af de anvendelsesmuligheder, der er ved bygningsmodeller, herunder muligheder for spatiale visualiseringer samt identifikation af egenskabsdata på bygningsdele. Mange af disse funktionaliteter anser brugerne for anvendelige i forbindelse med både sagsbehandling og operative indsatser (appendiks 4).

Ses anvendelsen af bygningsmodeller ud fra et interoperabilitetsfunderet perspektiv, kan der argumenteres for, at der på de institutionelle og menneskelige planer er manglende interoperabilitet. Den institutionelle interoperabilitet omhandler de intra- og interorganisatorisk etablerede systemer: systemer internt i organisationen samt mellem organisationen og de eksterne aktører – i denne sammenhæng eksempelvis staten, som sætter lovkrav (heriblandt IKT-bekendtgørelsen); projekterende virksomheder, som projekterer bygninger, der skal sagsbehandles; bygherrer, som kan stille yderligere krav til udarbejdelse af BIM-modeller til bygningsdrift. De forskellige aktører kan have forskellige tilgange til anvendelsen af BIM-modellernes udarbejdelse, anvendelse og format, og det kan påvirke interoperabiliteten. En konsekvens af den manglende institutionelle interoperabilitet er, at lagene *teknologi* og *data* er meget begrænsede: idet der ikke er en institutionelt etableret ensretning af (eller strategi for) dataudveksling, er der ingen implementeret *teknologi*, som kan udveksle data, og ingen *data*, som udveksles. Projektets løsningsforslag bearbejder særdeles disse to lag, idet målet er at oprette en platform (teknologilaget) til udveksling af informationer (datalaget) på tværs af faggrænser internt i organisationen. En succesfuld implementering kræver (jf. Gasser (2015)) også, at lagene *institution* og *menneske* er inddraget i udviklingen. Disse er ikke inddraget i dette projekt, da de ligger uden for projektets fokusområde.



Figur 9-3: De fire lag af interoperabilitet, som også er præsenteret i afsnit 5.3. Baseret på Gasser (2015).

Adgang til kraftforløb

I løsningsforslaget er informationer om bygningens statiske forhold indarbejdet i form af et kraftforløb (tegningsmateriale, som viser bygningens bærende elementer mv.). I forbindelse med præsentationen af løsningsforslaget bemærker brugerne, at det ikke er givet, at der i det tilsendte ansøgningsmateriale er vedlagt et kraftforløb. Såfremt det er medsendt, er det godt, at det fremgår af GIS-projektet, idet brugerne anser et potentiale i anvendelsen heraf ved operative indsatser, blandt andet ved vurdering af bygningskonstruktioners svækkelse og klarlægning af det bærende system i en bygning. Det kan give skadestedsledelsen informationer om, hvorvidt en skadet bygning er sammenstyrtnings-truet (appendiks 4).

9.1.3 Eksterne datakilder

I løsningsforslaget er der indarbejdet relationer til relevante eksterne informationskilder. I de følgende afsnit belyses forskellige problemstillinger med relation til eksterne informationskilder.

BBR-oplysninger

I GIS-projektet er indarbejdet en integration til BBR-brand, hvilket giver et hurtigt overblik over bygningsobjektet fra et beredskabsmæssigt perspektiv. Brugere ønsker tillige adgang til regulære BBR-oplysninger, hvilket også er klarlagt i forbindelse med behovsaflæringen. Informationer fra BBR bør fremgå af lagene med bygningsdata i en særskilt fane umiddelbart i forbindelse med fanen indeholdende BBR-brand.

BBR indeholder oplysninger om bygninger i Danmark. Udfordringen med oplysninger fra BBR er, at det er bygningsejernes eget ansvar, at oplysningerne i BBR er korrekte (Udviklings- og Forenklingsstyrelsen, 2018). I forbindelse med workshoppen er det klarlagt, at der kan være forskellige forhold, der gør, at oplysningerne i BBR kan afvige. Såfremt der er afvigelser, vurderes det, at det ikke vil have en væsentlig indflydelse på redningsberedskabets informationsbehov i en operativ henseende (appendiks 2).

Kortmateriale

I GIS-projektet er Google Maps og Google Street View indarbejdet i lagene med bygningsdata. Desuden ønskes adgang til Skråfoto. Kombinationen af Google Maps og Google Street View vurderes positivt af brugerne. Ved vurdering af adgangsforhold til en bygning under en indsats er det ikke alle forhold, der fremgår af et satellitkort. Et eksempel herpå kan være vurdering af, hvorvidt der er plads til beredskabets materiel. Her kan Google Street View være med til at give et overordnet indtryk af adgangsforholdene. Ved sådanne vurderinger kan Skråfoto være et medvirkende hjælpeværktøj.

Vejrdata

I lagene med bygningsdata fremgår en fane med vejrdato fra DMI byvejr. Brugere bemærker, at placeringen er uhensigtsmæssig, og at vejrdato bør fremgå af et særskilt lag med angivelse af udvalgte lokale vejrstationer og data herfra – disse data skal ikke fremgå ved det enkelte bygningsobjekt. Det giver brugerne mulighed for at vurdere lokale vejrforskelle afhængig af afstanden mellem vejrstationerne og skadestedet. Desuden giver det brugerne mulighed for at sammenligne vejrdato fra de nærmeste vejrstationer for at vurdere lokale vejrforhold.

9.1.4 Generelle problemstillinger

Ud fra et perspektiv om at gøre projektets løsningsforslag anvendeligt for redningsberedskabet er der nogle generelle parametre, som redningsberedskabet bør være opmærksom på. Disse belyses i det følgende.

Validitet af informationer

Sikring af korrekte informationer er en problemstilling, som brugerne bør være bevidste om. I løsningsforslaget beskriver hhv. interne og eksterne datakilder som en del af informationsgrundlaget. Sikring af validiteten af de interne informationer er redningsberedskabets ansvar – eksempler herpå kan være informationer omkring brandsynslokaliteter og aktive anlæg.

Validiteten af de eksterne ressourcer er de enkelte ophavsmænds ansvar. Et ønsket kvalitetsniveau kunne eksempelvis fremgå af en samarbejdsaftale mellem ophavsmanden og redningsberedskabet. Et eksempel på en ekstern ressource er gasforsyningens ledningsnet, som viser stophaners placeringer samt forsyningsledningernes flow.

Nybyggeri og eksisterende byggerier

Projektets løsningsforslag henvender sig primært til nybyggeri og interne informationer, som beredskaberne er i stand til at eksportere. For at gøre prototypen mere anvendelig hos redningsberedskabet bør informationer om eksisterende bygninger indarbejdes. BBR og BBR-brand giver et overblik over den eksisterende bygningsmasse, men det er på nuværende tidspunkt ikke teknisk muligt at indarbejde BBR og BBR-brand for eksisterende byggerier, uden der knyttes en stor mængde manuelt arbejde hertil.

Ingeniørfirmaet NIRAS er på nuværende tidspunkt i gang med et projekt omhandlende geokodning af informationer fra BBR. I projektet anvendes QGIS som GIS-plattform (NIRAS, 2018), hvilket giver et potentiale i at undersøge projektet yderligere – eventuelt med henblik på integration til dette projekts prototype.

9.1.5 Tekniske aspekter

Foruden de tidligere præsenterede problemstillinger med relation til informationskategoriseringen samt de interne- og eksterne informationskilder er der enkelte tekniske problemstillinger i prototypen. Disse tekniske problemstillinger belyses i det følgende.

Autodesk Viewer

I løsningsforslaget er Autodesk Viewer indarbejdet til visning af 3D-bygningsmodeller i brugerens webbrowser. Løsningen med Autodesk Viewer er ikke optimal af flere grunde. Løsningen kræver, at brugeren manuelt uploader 3D-bygningsmodellen til Autodesk Viewer, hvilket tillige betyder, at brugeren manuelt skal opdatere bygningsmodellen ved fremtidige ændringer. Foruden den manuelle arbejdsproces er gratisversionen af Autodesk Viewer begrænset til 30 dages visning af 3D-modellen, hvorefter den skal uploades på ny.

Formålet med indarbejdelse af princippet i prototypen er at vise, at der er et teknisk potentiale i visning af 3D-bygningsmodeller i brugerens webbrowser. Ønskes en sådan funktion, kræver det, at brugeren etablerer en tilsvarende teknisk løsning eller tilkøber ydelsen hos en softwareleverandør, som er i stand til at levere brugernes ønske.

Foruden Autodesk Viewer forefindes eksempelvis løsningen *BIMer*. Tilsvarende løsninger kan med fordel granskes for at undersøge funktionaliteter, som kan danne basis for kravspecifikationer.

Mobil internetadgang

Som beskrevet i afsnit 3.3 er der ved operative indsatser et behov for mobil internetadgang for at kunne tilgå de informationer, som lagres i GIS-plattformen. I afsnit 8.2 er GIS-servere beskrevet – disse lagres på en ekstern server, som skal tilgås via en internetforbindelse. Ved indsatser er der således et behov for en mobil internetadgang (eventuelt kombineret med lokalt tilgængelige kopier af

GIS-informationerne – også beskrevet i afsnit 8.2). Typisk vil eksterne ressourcer dog kræve mobil adgang, idet de sandsynligvis ikke er offline tilgængelige.

Derfor vurderes det, at en pålidelig mobil internetdækning er væsentlig, og at forbindelsen har en vis hastighed. Der er i afsnit 3.3 vist et dækningskort (figur 3-5) over forventede internethastigheder for en given udbyder – heraf ses, at der især i områderne, som dækker landdistrikter og mindre byer, kun kan opnås hastigheder under 20 Mb/s (de overvejende gule områder på kortet), hvilket svarer til en downloadhastighed på cirka 2,5 MB/s. Hvis der ved udrykningen er behov for løbende download af eksempelvis plantegninger og beskrivelser i PDF-format kan downloadhastigheden være en kritisk faktor for skadestedsledelsens indsatstaktik. De etablerede netværk i Danmark bliver fortsat forbedret, men den eksisterende infrastruktur vurderes indtil videre som utilstrækkelig for at opnå en pålidelig forbindelse, som kan understøtte brugen af projektets løsningsforslag. Derfor vurderes det, at det er nødvendigt med en form for offline backup af GIS-plattformen, som er tilgængelig ved operative indsatser, hvor mobildækningen er svag eller utilgængelig.

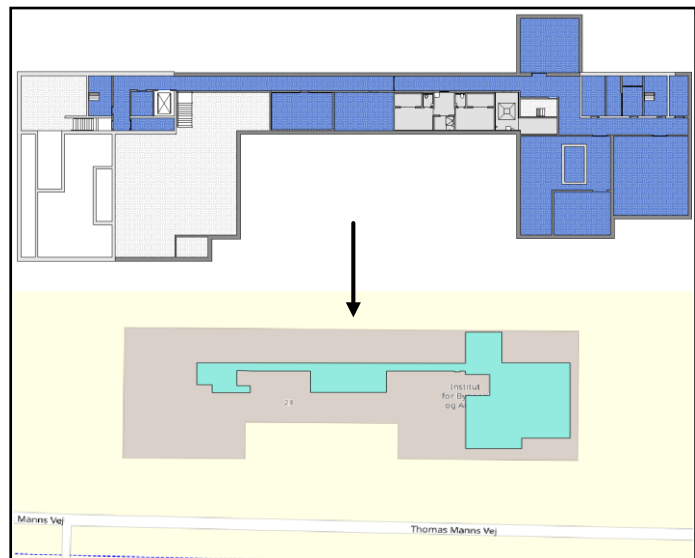
9.1.6 IFC2GIS-script

IFC2GIS-scriptet, der fungerer som bindeled mellem BIM- og GIS-verdenen, er kun udviklet til at indeholde basale læse- og skrivefunktioner. Der er en række problemstillinger ved scriptet på dets nuværende stadie. Disse gennemgås i det følgende.

Eksporteret geometri er baseret på terrændæk

Denne problemstilling har forskellige aspekter tilknyttet, som hver har forskellige fremgangsmåder til løsning af problemerne. IFC2GIS-scriptet læser IFC-filens geometri, som er lagret i en række koordinatpunkter, og disse skrives ind i en shapefil efterfølgende. En række problemstillinger er knyttet hertil.

IFC-filen indeholder koordinater for alle de fysiske elementer i bygningen, herunder eksempelvis vægge, vinduer, dæk, tag og installationer. Det er uhensigtsmæssigt at eksportere samtlige af disse elementer til shapefilen, idet IFC-filer og shapefiler anvendes ved forskellige detaljeringsniveauer, så det er ønskeligt kun at eksportere få geometriske data, som kan repræsentere bygningen i en GIS-baseret platform. I dette projekt er som udgangspunkt valgt bygningens terrændæk, da det ofte kan være forholdsvis repræsentativt for hele bygningens grundplan. Dette er dog typisk ikke tilfældet ved mere komplekse byggerier, hvor der kan være modelleret flere terrændækselementer i BIM-programmet.



Figur 9-4: BIM-modellen (øverst) indeholder mere end ét terrændækselement, men kun det ene element eksporteres til shapefilen. Nederst er et skærmbillede fra QGIS, hvor det mørke område er bygningens faktiske omrids.

Problemstillingen ses af figur 9-4, hvor BIM-modellen (øverst) indeholder mere end ét terrændæksselement. IFC2GIS-scriptet er kun i stand til at eksportere et enkelt terrændæksselement, hvorfor der er mangler i shapefilen (figur 9-4, nederst).

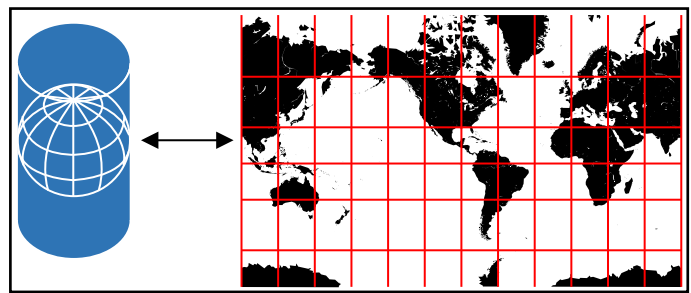
En anden relateret problemstilling er i forbindelse med en potentiel fremtidig anvendelse af scriptet hos redningsberedskabet. I denne situation skal den eksportansvarlige (typisk en medarbejder i myndighedsafdelingen i det pågældende beredskab) være bekendt med navnet på det terrændæksselement, som skal eksporteres – men selvom dette er tilgængeligt i IFC-filen, er det omstændeligt at finde dette navn.

De to problemstillinger er ikke løst, og en løsning heraf vil kræve en gennemgribende revidering af scriptets kode. Donkers et al. (2015) har undersøgt potentialet for automatisk transformering af IFC-filers geometri til CityGML i LOD3-detajlering (se desuden afsnit 5.1.1 for yderligere information herom).

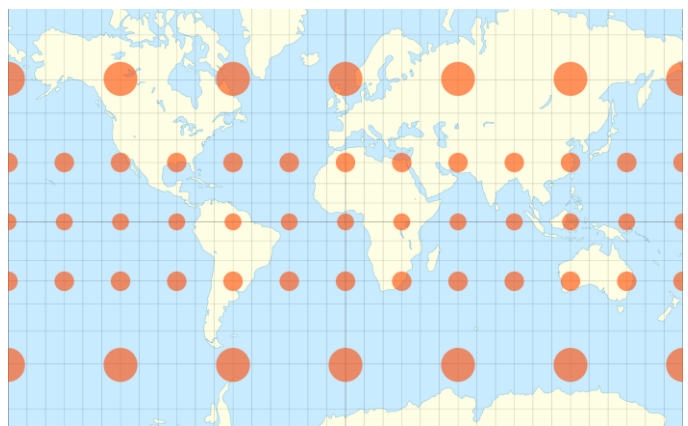
Transformeringer af koordinatsystemer

De koordinater, som findes i IFC-filer, er angivet i WGS 84-format, som er et geografisk koordinatsystem. Denne type koordinatsystemer er baseret på en tredimensionel (ofte sfærisk eller sfæroid) overflade til afbildning af Jordens overflade. Dette medfører, at Jorden kan afbildes i forholdsvis korrekte forhold³⁵. Ulempen ved denne type afbildning er, at de ikke kan vises på en plan flade (2D) som en computer-skærm. Ønskes 2D-afbildninger af 3D-overfladen af Jorden, anvendes projekterede koordinatsystemer – der findes mange forskellige projektioner (transformationer), og fælles for dem er, at de forvrænger Jordens overflade i nogen grad; en kortprojektion kan ikke laves uden forvrængning.

Web Mercator er afledt af Mercator-projektionen, som er en cylindrisk projektion. Det betyder, at Jorden ”rulles ud” som en cylinder (som vist på figur 9-5), hvilket medfører forvrængninger i nærheden af Jordens nord- og sydpoler – da Mercator er en cylindrisk projektion, er forvrængningen udelukkende afhængig af Jordens breddegrader (længdegraderne har således ingen indflydelse på forvrængningen). Dette er illustreret på figur



Figur 9-5: Cylindrisk kortprojektion. Baseret på USGS (2005).



Figur 9-6: Mercator-projektionen med Tissot-ellipser, som viser projektionens forvrængning. Baseret på Kunimune (2018).

³⁵ Jorden er ikke sfærisk (kuglerund) eller sfæroid (elliptisk kuglerund), men derimod en geoide, som er baseret på Jordens varierende tyngdekraft. Typisk er sfæriske eller sfæroide tilnærmelser tilstrækkelige til at få acceptabelt præcise afbildninger.

9-6, som med Tissot-ellipser viser den relative forvrængning af kortet: alle cirklerne har en diameter på 1000 km, men er tilsyneladende større i nærheden af polerne. Dette skyldes forvrængningen.

Det betyder også, at der er en forvrængning i Danmark. Eftersom forvrængningen er en funktion af projektionens breddegrader (langs nord-syd-aksen), vil der være en forvrængning af projektionen, hvis der sammenlignes med de sydligste og nordligste punkter i Danmark. Denne forvrængning anses i praksis for relativt ubetydelig for projektet, da Danmark er et forholdsvis lille land, som ikke strækker sig over mange breddegrader.

En løsning på denne (dog mindre) fejlkilde kan være at anvende DKTM (Dansk Transversal Mercator), som opdeler Danmark i fire zoner og med en angivet afstandskorrektion på 2 cm pr. kilometer (Miljøministeriet, 2009). Konsekvenserne ved anvendelse af denne projektion er ikke undersøgt.

Opdatering af eksisterende objekter

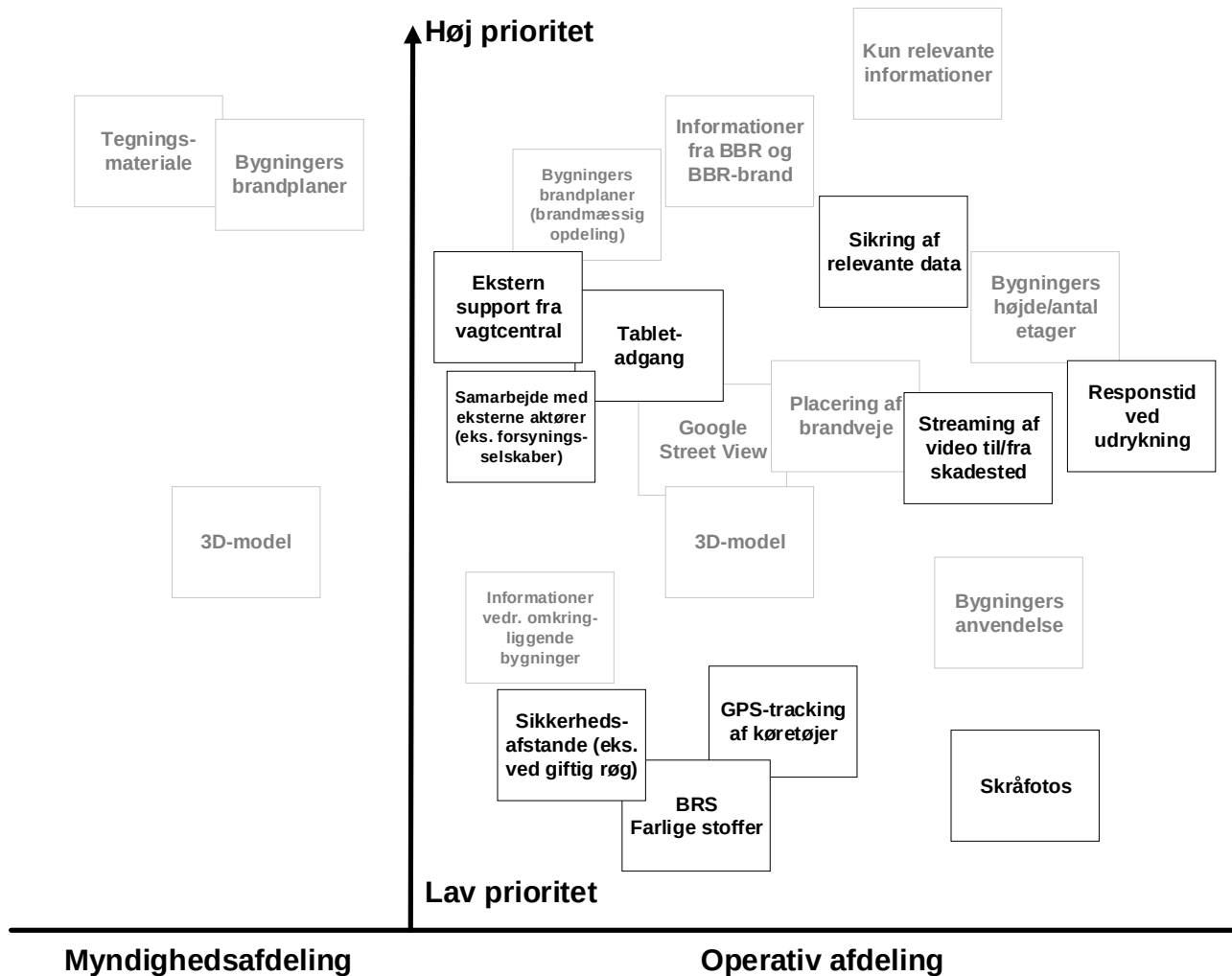
IFC2GIS-scriptet er i stand til at skrive i shapefilen ved at tilføje polygoner baseret på de data, som udtrækkes af IFC-filen. Scriptet kan på dets nuværende stadie ikke registrere, om bygningselementet allerede eksisterer i shapefilen – det kan på sigt være et problem ved fremtidige om- og tilbygninger. Problemet kan imødekommes ved at tildele shapefilens elementer et unikt ID (eksempelvis et ejendomsnummer, hvilket også BBR anvender). Dette ID kan kontrolleres inden eksport, og hvis det pågældende ID er til stede i shapefilen, kan den tilhørende polygon overskrives. Dette element er ikke implementeret i scriptet.

9.2 Videreudviklingspotentiale

I forrige afsnit er det belyst, at der i projektets prototype er en række problemstillinger, som potentielt kan løses. I de følgende afsnit redegøres for udviklingspotentialet i prototypen. Afsnittene vil fokusere på videreudvikling af yderligere funktionaliteter, som ikke har været i fokus i dette projekt, men som stadig har en vis relevans for løsningsforslagets anvendelighed.

9.2.1 Videreudviklingspotentiale af GIS-plattform

I forbindelse med de afholdte interviews og workshops er det klarlagt, hvilke informationer informanterne anser for anvendelige ved operative indsatser. I forbindelse med workshoppen med medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab er diagrammet, som fremgår af figur 9-7, udarbejdet. Heraf fremgår en del informationsbehov, hvoraf nogle elementer er indarbejdet i projektets prototype. De fremhævede elementer på figur 9-7 er *ikke* indarbejdet i projektets prototype og er basis for den videre diskussion.



Figur 9-7: Fremhævede felter er informationsbehov, som ikke er indarbejdet i projektets prototype. Illustrationen viser således et udviklingspotentiale.

Det ses derfor, at der er et udviklingspotentiale i prototypen, idet redningsberedskabet har behov, som endnu ikke er indarbejdet. Dette inkluderer blandt andet Skråfoto; informationer fra samarbejdspartnere, herunder forskellige forsyningselskaber (informationer om gas-, vand-, spildevands installationer og ledningsnet); brandhaneplaceringer og deres forsyningsevne samt åbne vandsteder, som anses for værende anvendelige ved ansøgning med bærbare pumper ved planlægning af vandforsyning til brandslukning. Der er således et potentiale i udvidelsen af både interne og eksterne informationskilder til prototypen, så den kan understøtte beslutningsgrundlaget hos skadestedsledelsen yderligere.

I prototypen er temagrupper fra Danske Beredskabers Grunddatamodel indarbejdet og udvidet til dette projekts løsningsforslag. Danske Beredskabers hensigt med grunddatamodellen er at skabe en fælles platform for lagring af georefererede data hos redningsberedskaberne. Desuden er det hensigten, at grunddatamodellen løbende skal udvikles og tilpasses i takt med implementeringen heraf hos de enkelte redningsberedskaber (Danske Beredskaber, 2018d).

Det kan således konkluderes, at der i projektets GIS-platform er et udviklingspotentiale, samt at redningsberedskaberne har et ønske om en løbende udvikling af Danske Beredskabers Grunddatamodel.

Publicering af GIS-plattform

I afsnit 8.2 er fire forskellige serverløsninger præsenteret, som er i stand til at publicere GIS-plattformen i nogen grad. Af tabel 8-3 fremgår en opsummering af de fire servermuligheder med angivelse af muligheder og begrænsninger. Heraf fremgår det, at ingen af serverløsningerne fuldstændigt opfylder alle brugernes behov. Det fremgår også, at der er tekniske løsninger, som i nærværende projekt ikke er belyst. Alle de identificerede krav til serverløsningen, som fremgår af tabel 8-3, opfyldes af mindst én af serverløsningerne, hvorfor det kan konkluderes, at kravene er mulige at opfylde, men det kræver potentielt en specielt udviklet serverplatform (eller anvendelse af en løsning, som ikke er testet i dette projekt). Der er således potentiale i en viderebearbejdning af publicering af GIS-plattforms informationer til en server.

9.2.2 Videreudviklingspotentiale af script

IFC2GIS-scriptet har også et videreudviklingspotentiale. Tidligere er de eksisterende problemstillinger belyst, og i det følgende præsenteres to områder, som kan give scriptet yderligere funktionaliteter.

Overført data

IFC2GIS-scriptet kan på nuværende stadie læse basale informationer fra IFC-filen, herunder en række koordinater og terrændækkets geometri. IFC-filen indeholder dog en række yderligere relevante informationer, som potentielt kan udtrækkes. Blandt disse er bygningens højde (som potentielt bør kunne læses uanset BIM-modellens detaljeringsniveau), materialer/brandklasser samt brandsektioneringer (alle afhængig af detaljeringsniveau³⁶).

Omdannelse til plugin

Scriptet vil på sigt potentielt kunne omdannes til et plugin, som kan eksekveres direkte i eksempelvis QGIS eller ArcGIS. Hvis scriptet køres som plugin, bliver arbejdsprocesserne samlet i færre programmer ved myndighedsbehandling og dataeksport (GIS-plattformen i stedet for både GIS-plattformen og det eksterne script). Pluginnet kan desuden integreres med andre plugins, hvis redningsberedskabet i fremtiden udvikler sådanne.

³⁶ Myndigheder, og herunder også redningsberedskaberne, modtager typisk modeller svarende til CCS-informationsniveau 2 eller 3 (Cuneco, 2012, 2014), og disse informationer vil typisk ikke være modelleret, men nærmere beskrevet, i den udarbejdede BIM-model. I disse tilfælde vil informationerne ikke kunne trækkes ud af en IFC-fil.

10 Konklusion

I dette afsnit konkluderes på projektets problemformulering samt dertilhørende underspørgsmål, som er præsenteret i afsnit 1.2. Projektet er opbygget med problemformuleringen som det primære retningsgivende element, og de tre definerede underspørgsmål har fungeret som støttende faktorer i søget på uddybende besvarelse af problemformuleringen.

Projektets problemformulering lyder:

Hvordan kan byggetekniske informationer udnyttes på tværs af myndighedsafdelingen og den operative afdeling hos et kommunalt redningsberedskab?

For at kunne give et fyldestgørende svar på denne problemformulering, gennemgås i det følgende de definerede underspørgsmål. Problemformuleringen besvares på baggrund af underspørgsmålenes diskussion og konklusion i det følgende. Bevarelsen af problemformuleringen samt de dertilhørende underspørgsmål er baseret på problemanalysen i del II samt problembearbejdningen i del III. Problemanalysen er blandt andet baseret på dataindsamling ved udvalgte interessenter, herunder medarbejdere ved Nordjyllands Beredskab. Denne dataindsamling har været grundlag for videre analyse og bearbejdning af projektets problemfelt.

Hvilke informationer er relevante for den operative afdeling ved indsatser?

I starten af udarbejdelsen af dette projekt har der været en række uklare behov (både erkendte og ikke-erkendte) hos beredskabets forebyggende og operative personel, som på sigt vil kunne gøre brug af projektets løsningsforslag. Den indledende dataindsamling, som er foretaget i form af interviews og workshops, har haft til formål at afklare de erkendte behov samt gøre informanterne opmærksomme på eventuelle ikke-erkendte behov, som kunne være i en udrykningssituation. Informanterne, som har været involveret i dataindsamlingen, har blandt andet været involveret som meddesignere og har leveret en række informationskrav til projektets viderebearbejdning. Dataindsamlingen har klarlagt, at det er essentielt, at det operative personel (specifikt skadestedsledelsen) udelukkende bliver præsenteret med relevante informationer – det vil sige, at irrelevante informationer, som i høj grad blot er et distraherende element, undlades i den GIS-baserede vidensdatabase. En GIS-baseret platform er velegnet til informationssortering, idet der kan udarbejdes foruddefinerede informationssorteringer samt -visninger.

Konkret har workshoppen gjort informanterne bevidste om en række hidtil ikke-erkendte informationsbehov, heriblandt i form af informationer, som potentielt kan hentes eller genereres fra en IFC-fil. Blandt disse er plantegninger, brandforhold samt statiske forhold. Typisk vil en modtaget IFC-fil også blive sendt med yderligere relevant materiale som brandplaner, hvilke også kunne være relevante for det operative personel.

Hvordan kan koblingen af BIM og GIS støtte den operative afdeling ved indsatser?

De afholdte interviews af diverse interessenter i forskellige organisatoriske niveauer i de kommunale redningsberedskaber har klarlagt, at interesseorganisationen Danske Beredskaber gennem deres udarbejdelse af Danske Beredskabers Grunddatamodel ser et potentiale i en fælles platform til strukturering og deling af data på tværs af de kommunale redningsberedskaber.

Under et interview har en informant forklaret, at der på nuværende tidspunkt ikke er mulighed for udnyttelse af BIM-informationer via grunddatamodellen, men at der er igangsat analyser af potentialet for i fremtiden at udnytte denne datakilde. Danske Beredskaber anerkender således et behov for, og potentiale i, øget anvendelse af BIM i beredskabsmæssig henseende. Forskning viser desuden, at BIM kan være værdiskabende i det operative arbejde ved beredskaberne, herunder i forbindelse med udarbejdelse af beredskabsplaner. Desuden giver BIM-modeller et godt rumligt billede af blandt andet bygningens indretning samt statiske forhold (Bi et al., 2013).

Ved brandteknisk byggesagsbehandling kan de kommunale beredskaber potentielt i fremtiden modtage IFC-filer som en del af dokumentationsmaterialet, der skal behandles. I dette projekt antages det, at beredskaberne modtager IFC-filer. Ved endt byggesagsbehandling arkiveres det tilsendte projektmateriale uden vidensdeling til andre afdelinger eller platforme. De afholdte interviews og workshops har klarlagt, at informanterne ikke har kompetencer og viden, som kan facilitere denne vidensdeling. Forklaringen herpå er sandsynligvis, at der på nuværende tidspunkt ikke er implementeret et system til vidensdeling på tværs af afdelingerne, hvorfor behovet (og mulighederne) for udnyttelse af BIM-data i en GIS-baseret platform ikke er erkendt. Under workshoppen og interviewene har informanterne dog vist en positiv interesse for fremtidig dataudveksling, hvor BIM-modellernes informationer anvendes i GIS. Det vil dog kræve en række organisatoriske ændringer – blandt andet i form af implementering af en GIS-platform (som ideelt er baseret på Danske Beredskabers Grunddatamodel), samt en række procedurer for den faktiske anvendelse af systemet efter implementering. Dette er ikke berørt i rapporten.

Under de afholdte workshops samt interviews har informanterne lagt vægt på tilgængeligheden af BIM- og GIS-baserede informationer – et af kravene, som eksplicit blev nævnt, er tabletadgang af informationerne på skadestedet. På baggrund heraf har der været fokus på et forholdsvis platformuafhængigt løsningsforslag, som potentielt vil kunne anvendes på talrige platforme, herunder også tablets. Dette er blandt andet undersøgt gennem analyse af publicering til GIS-servere, som kan tilgås direkte via tablets uden behov for præinstalleret software og forud-downloadet data. Forskellige løsningsforslag er undersøgt, men der er en række interoperabilitetsproblemer med anvendelsen af de proprietære serverløsninger (blandt andet mistes den faneopdelte informationsvisning), så projektets løsningsforslag har kun i nogen grad tilgodeset kravet til tabletadgang.

Hvordan kan informationer fra eksterne ressourcer udnyttes operativt?

En GIS-baseret platform er i stand til at hente data fra eksterne ressourcer. Dette dækker over helt generelle ressourcer som baggrundskort og højdekort, som eksempelvis udbydes af Kortforsyningen

(Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering), samt mere specifikke ressourcer som gas- og vandforsyningsnetværk (som kan udbydes af respektive udbydere). Ressourcerne er ikke nødvendigvis geografisk funderet: i dette projekt er oprettet mulighed for import af data fra BBR-brand (udbudt af Udviklings- og Forenklingsstyrelsen) samt vejrforhold fra lokale vejrstationer. De eksterne ressourcer lagres ikke lokalt hos redningsberedskabet, og beredskabet er således ikke ansvarlige for, eller i stand til, at vedligeholde informationen fra de eksterne kilder. Det sætter nogle krav til sikring af ressourcernes validitet.

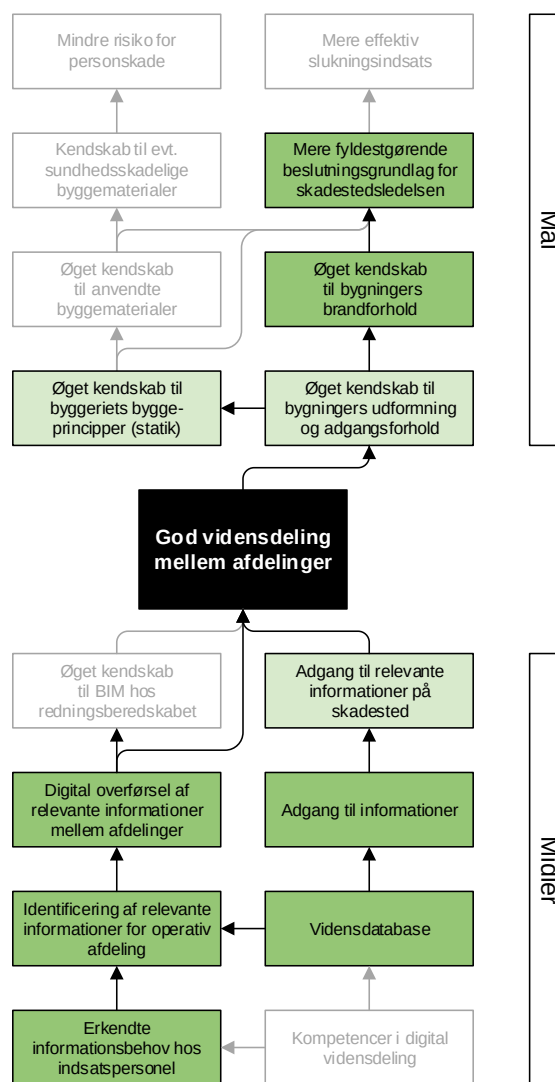
Konklusion på problemformulering

Projektet har fundet inspiration i Danske Beredskabers fortsatte arbejde med udvikling af deres grunddatamodel samt det ligeledes fortsatte implementeringsarbejde af grunddatamodellen, som flere redningsberedskaber udfører. Det indledende interview med en informant fra Beredskab Øst har klarlagt, at BIM-modeller på sigt vil forsøges udnyttet som datakilde i de GIS-platforme, som beredskaberne er i gang med at implementere – på baggrund heraf vurderes det derfor, at projektet har en vis anvendelighed i forbindelse med den fortsatte udvikling af Danske Beredskabers Grunddatamodel.

Metoden Contextual Design har været grundlag for projektets tilgang til dataindsamling og efterfølgende udvikling af løsningsforslaget. Metoden har været anvendt til behovsafklaring fra interessenterne samt analyse af den indsamlede data, og på baggrund af indsamlet data og yderligere analyse af eksisterende teknologi og forskning er løsningsforslaget designet og udviklet.

I afsnit 1.1.1 er projektets fulde problemtræ, og de deraf afledte afgrænsede problem- og måltræer præsenteret i afsnit 1.4. Det afgrænsede måltræ er gengivet i modificeret version i figur 10-1 til højre. De mørkegrønne felter viser de områder, som vurderes til i høj grad at være opfyldt gennem projektets udarbejdelse; de lysegrønne felter er områder, som i nogen grad er opfyldt; de hvide nedtonede felter er ikke løst i dette projekt.

Det vurderes, at specielt områderne ”Kompetencer i digital vidensdeling” samt ”Øget kendskab til BIM hos redningsberedskabet” vil blive løst ved en konkret implementering af projektets løsningsforslag: digitale vidensdelingskompetencer vil komme som et resultat af



Figur 10-1: Projektets måltræ, som er præsenteret i afgrænsningen (afsnit 1.4) samt målsætningen (afsnit 6). De fremtonede grønne felter vurderes som i nogen/høj grad opfyldt gennem udarbejdelsen af dette projekt. De nedtonede grønne felter er mål, som er bearbejdet i projektet, men kun i lav grad opfyldt. De nedtonede hvide felter er ikke/i meget lav grad berørt i dette projekt.

brug af GIS-plattformen, og BIM-kendskabet vil styrkes gennem øget anvendelse af de modtagne modeller, som myndighedsafdelingen behandler. Det vurderes desuden, at en implementering af løsningsforslaget (i praksis sandsynligvis i samspil med implementeringen af Danske Beredskabers Grunddatamodel) kan være medvirkende til en reduktion af personskaderisiko samt lede til en mere effektiv slukningsindsats – de to øverste bokse i måltræet.

Problemformuleringen, og deraf projektet, omhandler udnyttelse af data på tværs af beredskabets afdelinger: beredskaberne er i besiddelse af en række informationer, som potentielt kan anvendes i deres operative arbejde, men den nødvendige infrastruktur er ikke implementeret i organisationen. Projektets løsningsforslag – GIS-plattformen og IFC2GIS-eksportskriptet – er en prototype på, hvordan den manglende infrastruktur i praksis kan implementeres i organisationen. På denne måde kan en række informationer, herunder bygningsinformationer og brandsynsdokumentationsdokumenter, via en GIS-baseret platform videreformidles til den operative afdeling til udnyttelse ved indsatser. Projektet har kort berørt potentialet ved publicering af GIS-plattformens informationer, så de er mere tilgængelige på mobile enheder som tablets. Denne del af løsningsforslaget er ikke fuldstændig udarbejdet, men det vurderes, at der er et stort potentiale for videreudvikling af denne del af løsningsforslaget.

Projektets løsningsforslag er udviklet til et prototypeniveau. Contextual Design-metoden foreskriver, at der fortsat laves iterativ brugerdataindsamling og justeringer af løsningsforslaget på baggrund heraf. Dette er på grund af tids- og ressourcemæssige årsager ikke udført, men yderligere ændringer i løsningsforslaget kan medføre en endnu tættere integration af BIM-modeller i en GIS-baseret vidensdatabase, som kan skabe et endnu bedre informationsgrundlag for skadestedsledelsen ved udrykninger. Det vurderes derfor, at der er et stort potentiale for, at koblingen af BIM og GIS kan være værdiskabende for specielt den operative afdeling. BIM er ikke selvstændigt den endelige løsning på det til tider begrænsede informationsgrundlag, som skadestedsledelsen har til rådighed ved hændelser, men BIM-modellerne indeholder stadig en række relevante informationer, som i samspil med andre interne og eksterne ressourcer kan være et vigtigt værktøj i de regionale redningsberedskabers værktøjskasse i såvel deres forebyggende som afhjælpende arbejde.

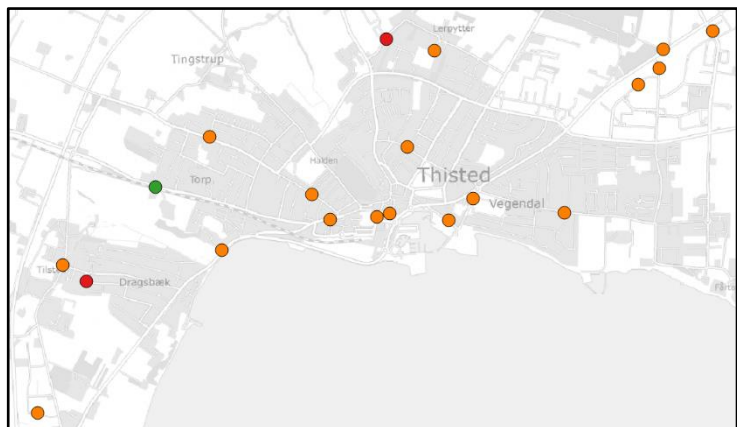
11 Perspektivering

I dette afsnit vil projektets fokusområde anskues i et bredere perspektiv. Projektets fokusområde har primært været anvendelsen af byggetekniske informationer i GIS til understøtning af redningsberedskabets operative ledelse i responsfasen³⁷. I dette afsnit belyses, hvorledes GIS kan understøtte redningsberedskabet i forberedelsesfasen, hvorledes informationer om Danmarks terræn kan anvendes ved havvandsstigninger i et beredskabsperspektiv samt den udviklingsretning, som redningsberedskabet ønsker for Danske Beredskabers Grunddatamodel.

Anvendelse af GIS i forberedelsesfasen

I afsnit 4 fremgår det, at der er et potentiale for anvendelse af GIS hos redningsberedskaberne på tværs af beredskabsfaserne. Projektets løsningsforslags fokusområde er primært etablering af en vidensdatabase, som er anvendelig i responsfasen. Af potentialeafsnittet fremgår det tillige, at der er et stort potentiale i anvendelsen af GIS i forberedelsesfasen. Blandt andet fremgår det, at data om brandhaners placering og ydeevne kan være et planlægnings- og analyseværktøj for redningsberedskaberne til eksempelvis vurdering, planlægning og analyse af tilstrækkelig vandforsyning til brandslukning.

Thisted Kommune har offentliggjort et kort, hvoraf der fremgår placeringer af brandhaner i kommunen (Thisted Kommune, 2019) – på baggrund af disse data belyses i det følgende, hvorledes QGIS kan anvendes i forberedelsesfasen. Data om brandhaner indarbejdes i QGIS, så der fremkommer et kort med angivelse af brandhanernes placeringer, tilkoblingstype samt vandydelse. På figur 11-1 er placeringerne over brandhaner i Thisted angivet; farverne viser tre forskellige tilkoblingsmuligheder³⁸. Kortudsnittet giver redningsberedskabet et overblik over brandhanernes placering, hvilket giver mulighed for at identificere den nærmeste brandhane og dennes vandydelse.

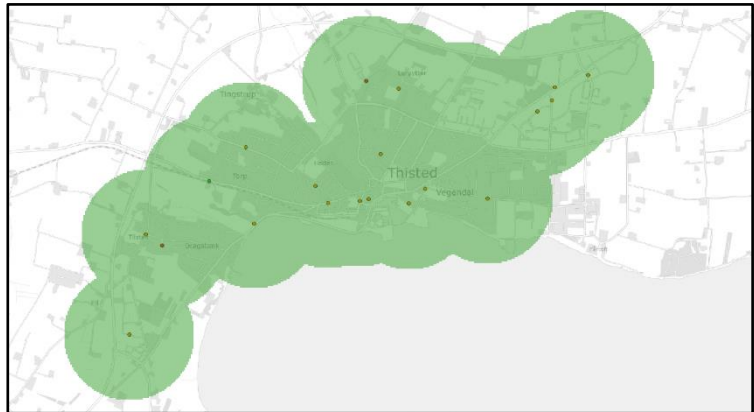


Figur 11-1: Placering af brandhaner i Thisted. Rød angiver en brandhane med en C-kobling, orange en B-kobling og grøn en A-kobling.

³⁷ De forskellige beredskabsfaser er belyst i afsnit 4, her i kortfattet version: *forebyggelsesfasen* omhandler forebyggelse af hændelser, *forberedelsesfasen* omhandler planlægning og træning af beredskabspersonel, *responsfasen* omhandler den faktiske udrykning til en given hændelse og *genopretningsfasen* omhandler arbejdet efter en hændelse.

³⁸ Redningsberedskabet anvender en fælles standard for koblinger kaldet *Storz*. Der forefindes forskellige størrelser, hvor de mest gængse er C-, B- og A-koblinger, C-koblingen har den mindste dimension og A-koblingen den største (Beredskabsstyrelsen, 2006).

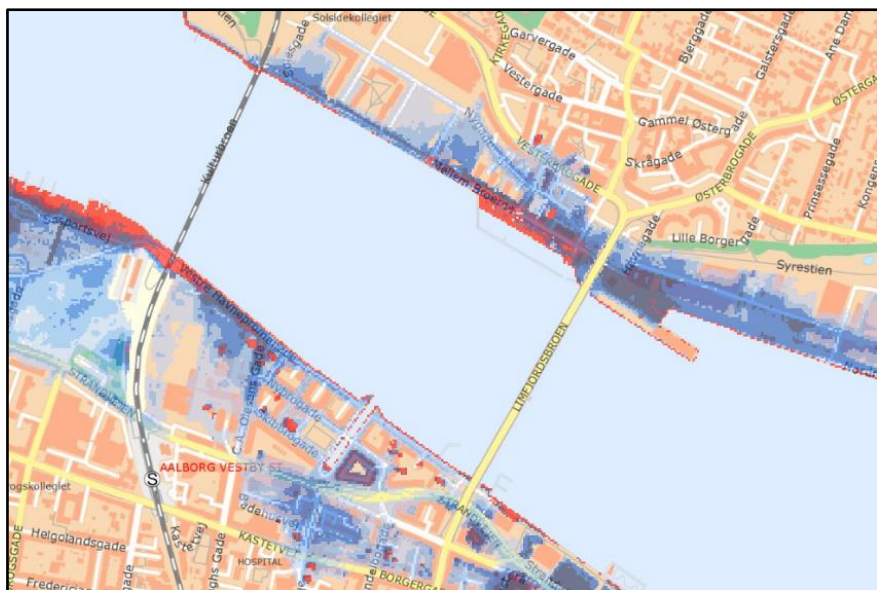
Af Nordjyllands Beredskabs risikobaserede dimensionering fremgår det, at der skal tages udgangspunkt i en køretid på tre minutter fra det pågældende skadested til et vandforsyningssted. Et vandforsyningssted kan i denne forbindelse dels være en brandhane eller et åbent vandsted, hvorfra der kan pumpes vand (Nordjyllands Beredskab, 2018c). For at foretage en simpel analyse af brandhaneplaceringerne i Thisted kan det antages, at en brandbil kan køre 1,5 km i en byzone på tre minutter³⁹. Det giver mulighed for at angive en radius på 1,5 km omkring hver enkelt brandhane for at vurdere brandhanernes placeringer. Ved en sådan antagelse ses det af figur 11-2, at Thisted by er dækket med brandhaner. Ud fra analysen omkring brandhanernes placeringer kan det vurderes, hvilken betydning det vil have, hvis en brandhane nedlægges, eller en ny brandhane etableres i området. Såfremt en brandhane nedlægges, kan det vurderes, hvorvidt en brandbil kan nå til en anden brandhane på tre minutter.



Figur 11-2: Ud fra brandhanernes placering kan der etableres et kort med angivelse af en radius fra brandhanerne. Kortet kan danne grundlag for analyse af vandforsyningen baseret på brandhaner.

Gummistøvleindeks

I afsnit 4 fremgår det, at redningsberedskabet ikke udelukkende håndterer hændelser relateret til brande, men også øvrige opgaver, herunder opgaver i relation til vejrlig. Den 18. december 2018 udgav Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet en nyhed om et nyt Gummistøvleindeks⁴⁰, som er udviklet til redningsberedskabet. Gummistøvleindekset kan hjælpe redningsberedskaberne ved vurdering af konsekvenser ved havvandsstigning. Indekset angiver de områder,



Figur 11-3: Ud fra Gummistøvleindekset kan beredskabet se, hvilke områder der er oversvømmingstruet ved en given vandstandsstigning i 10 cm intervaller. Figuren angiver en vandstandsstigning på 1,6 m ved Limfjordsbroen i Aalborg.

³⁹ En distance på 1,5 km på tre minutter er en antagelse, der anvendes som eksempel i denne situation. Distancen beregnes ved sådanne analyser.

⁴⁰ Gummistøvleindekset kan tilgås på <https://sdfekort.dk/spatialmap>

der teoretisk vil oversvømmes ved havvandsstigninger i intervaller af 10 cm (Energi- Forsynings- og Klimaministeriet, 2018). Det giver beredskabet mulighed for at foretage en risikovurdering og disponere ressourcer ud fra en vejrmelding. Figur 11-3 angiver et kortudsnit fra Gummistøvleindekset med en havvandsstigning på 1,6 m omkring Limfjordsbroen i Aalborg. Beredskabet kan ud fra kortet se, hvilke områder der vil blive oversvømmet, samt vurdere hvilken taktik der egner sig bedst over for hændelsen og disponere deres ressourcer herefter.

Gummistøvleindekset kan således anvendes i flere af de i afsnit 4 præsenterede beredskabsfaser. Gummistøvleindekset kan anvendes i forebyggelsesfasen for at vurdere, i hvilke områder der bør foretages en kystsikring. I forberedelsesfasen kan indekset anvendes til redningsberedskabets risikobaseret dimensionering for at identificere, hvilke risici er der i beredskabets dækningsområde, hvilket giver redningsberedskabet mulighed for at vurdere, hvilke ressourcer der skal til for at håndtere en given hændelse.

Danske Beredskabers Grunddatamodel

I projektets løsningsforslag er temagrupper fra Danske Beredskabers Grunddatamodel indarbejdet. I afsnit 9.2.1 er det belyst, at det er intentionen, at Danske Beredskabers Grunddatamodel løbende skal tilpasses og udvikles efter redningsberedskabernes behov. En artikel fra redningsberedskabernes brancheorganisation Danske Beredskaber belyser tillige, at der er planlagt løbende udvikling af Grunddatamodellen i takt med redningsberedskabernes behov (Danske Beredskaber, 2018b). Foruden en intern udvikling af Grunddatamodellen hos redningsberedskaberne ønskes en tværfaglig udvikling, således øvrige sektorberedskaber kan samarbejde herom: det gælder eksempelvis samarbejder med Rigspolitiet, regionerne mv., så data omhandlende fælles interesseområder standardiseres ved udveksling – specielt ved operative indsatser, hvor der ønskes et fælles indblik i skadestedets opbygning og placering af de forskellige aktørers ressourcer (køretøjer, materiel og mandskab). Artiklen angiver således, at redningsberedskaberne anser et potentiale i at udvikle dele af Grunddatamodellen til at omfatte øvrige brancher, så der kan skabes et fælles grundlag for lagring af fælles interessedata.

Del IV – Serviceafsnit

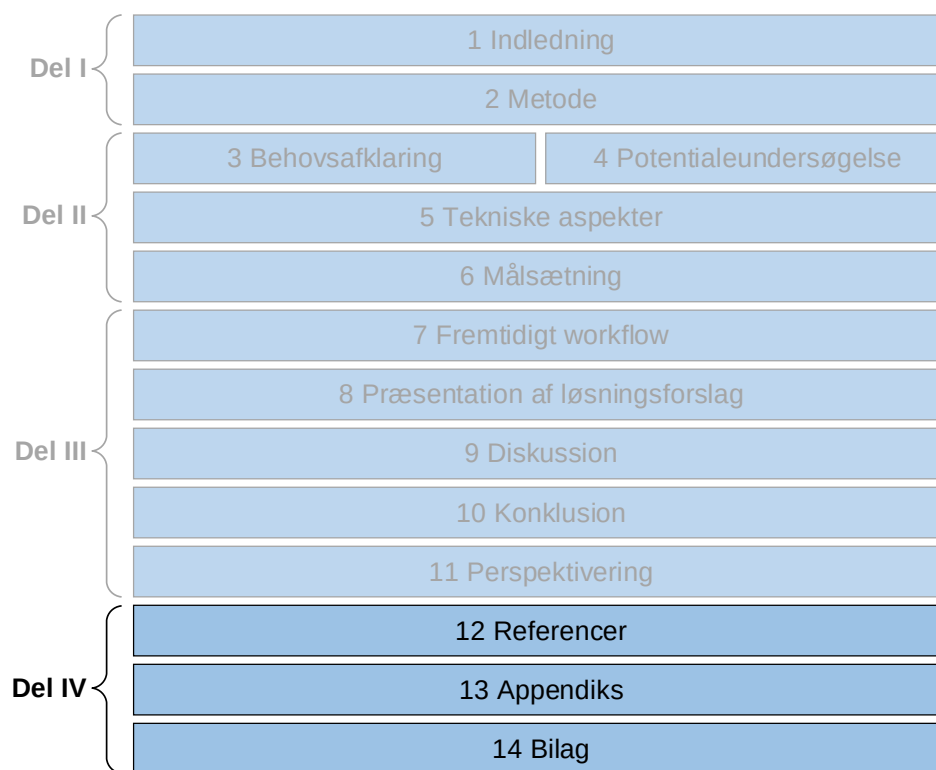


Illustration af de elementer, som er i fokus i del IV.

Del IV er projektets serviceafsnit, som indeholder generelle formalia.

I **afsnit 12** findes projektets anvendte kilder samt figur- og tabellister.

I **afsnit 13 og 14** findes en oversigt over projektets appendikser og bilag. Appendikser indeholder projektmateriale, som er udarbejdet i forbindelse med dette projekt, og bilagene indeholder eksternt udarbejdet materiale, som er udleveret i forbindelse med dataindsamlingen. Appendikser og bilag findes i et særskilt dokument.

12 Referencer

12.1 Litteraturliste

- AIA, & AIACC. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. American Institute of Architects. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- Alexandersen, S. R., Laursen, V. W., Nørmølle, S., Overgaard, B., & Stenstrup, J. (2004). *Vejledning i anvendelse af Web Map Services*. Geoforum.
- Beredskabsstyrelsen. (2006). *Indsats - Slinger og tilbehør*. Retrieved from https://brs.dk/viden/publikationer/uddannelsesmateriale/Documents/564992_slinger_og_tilbehør.pdf
- Beredskabsstyrelsen. (2017). Risikobaseret dimensionering. Retrieved October 22, 2018, from <http://brs.dk/planlaegning/dimensionering/Pages/RBD.aspx>
- Beredskabsstyrelsen. (2018). *Retningslinjer for indsatsledelse*. Retrieved from [http://www.brs.dk/viden/publikationer/Documents/Retningslinjer for indsatsledelse 2018.pdf](http://www.brs.dk/viden/publikationer/Documents/Retningslinjer_for_indsatsledelse_2018.pdf)
- Beyer, H., & Holtzblatt, K. (1998). *Contextual Design - Defining Customer-Centered Systems*. Academic Press.
- Beyer, H., & Holtzblatt, K. (2013). Contextual Design | The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. Retrieved October 25, 2018, from <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/contextual-design>
- Bi, X. Y., Wang, J., & Zhang, J. Y. (2013). The Exploration of BIM Technology Application in the Building Fire Emergency Plan. *Applied Mechanics and Materials*, 357–360, 2473–2477. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.357-360.2473>
- Biljecki, F., Heuvelink, G. B. M., Ledoux, H., & Stoter, J. (2018). The effect of acquisition error and level of detail on the accuracy of spatial analyses. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(2), 156–176. <https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1279986>
- Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2014). Redefining the Level of Detail for 3D Models. *GIM International*, 28(11), 28–30.
- Bisgaard, T., & Høgenhaven, C. (2010). Creating new concepts, products and services with user driven innovation. Retrieved from http://www.nordicinnovation.net/_img/creating_new_concepts_products_and_services_with_user_driven_innovation_finalreport.pdf
- Borrmann, A., Beetz, J., Kock, C., Liebich, T., & Muhic, S. (2018). Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models. In A. Borrmann, M. König, C. Koch, & J. Beetz (Eds.), *Building Information Modeling - Technology Foundations and Industry Practice* (pp. 80–126). Cham.
- Brinkmann, S., & Kvale, S. (2009). *Interview - Introduktion til et håndværk* (2nd ed.).
- buildingSMART. (2018a). About buildingSMART - buildingSMART. Retrieved November 27, 2018, from <https://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/>
- buildingSMART. (2018b). IFC Introduction - buildingSMART. Retrieved December 3, 2018, from <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>
- buildingSMART. (2018c). IFC Logo. Retrieved December 10, 2018, from <https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2016/05/IFC-logo-1-e1463566871320.png>

- Cepicky, J. (2017). Shapefile must die! Retrieved November 19, 2018, from <http://switch-fromshapefile.org/>
- Cuneco. (2012). *Metode og struktur for informationsniveauer*. Retrieved from https://bips.dk/files/2012-11-28_praesentation_metode_og_struktur_for_informationsniveauer_-_hoering_1.pdf
- Cuneco. (2014). *CCS Informationsniveauer*. Retrieved from https://bips.dk/files/news_files/informationsniveauer_20141211_r0.pdf
- Danske Beredskaber. (2018a). Danske Beredskabers Grunddatamodel. Retrieved from <https://danskeberedskaber.dk/wp-content/uploads/2018/05/Dansk-Beredskabs-Grunddatamodel-1.1.pdf>
- Danske Beredskaber. (2018b). Dataensretning skal effektivisere og styrke beredskabet. Retrieved December 19, 2018, from <https://danskeberedskaber.dk/gis-i-beredskabet/>
- Danske Beredskaber. (2018c). Om Danske Beredskaber. Retrieved September 26, 2018, from <https://danskeberedskaber.dk/om-danske-beredskaber/>
- Danske Beredskaber. (2018d). Om Danske Beredskabers Grunddatamodel. Retrieved October 11, 2018, from <https://danskeberedskaber.dk/arbejdsdokumenter/>
- Danske Beredskaber, & DBI. (2018). Frida FAQ. Retrieved November 20, 2018, from <http://www.fridatest.dk/FAQ>
- Donkers, S., Ledoux, H., Zhao, J., & Stoter, J. (2015). Automatic conversion of IFC datasets to geometrically and semantically correct CityGML LOD3 buildings. *Transactions in GIS*, 20(4), 97–110. <https://doi.org/10.1111/tgis.12162>
- Draborg, O. (2018, November 5). Vi gør som vi plejer. *Licitationen*. Retrieved from https://www.licitationen.dk/article/view/630205/vi_gor_som_vi_plejer
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (2nd ed.). Wiley.
- Energi- Forsynings- og Klimaministeriet. (2018). Nyt Gummistøvleindeks skal hjælpe danskerne ved stormflod. Retrieved December 28, 2018, from <https://efkm.dk/aktuelt/nyheder/2018/dec/nyt-gummistoevleindeks-skal-hjaelpe-danskerne-ved-stormflod/>
- ESRI. (1998). Shapefile Technical Description, (July). Retrieved from <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
- European Integration Office. (2011). *Guide To The Logical Framework Approach*.
- Festersen, B., Jensen, H., & Jensen, J. (2010). *Hindringer for byggebranchens udvikling - spørgeskemaundersøgelse af byggebranchen*. Retrieved from <http://www.anlaegsteknikforeningen.dk/medlemssektion/browse/filer/diverse/tillidappendix.pdf>
- Forsvarsministeriet. (2017). Beredskabsloven. Retrieved October 25, 2018, from <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=188158>
- Forsvarsministeriet. (2018). Bekendtgørelse om brandsyn. Retrieved November 12, 2018, from <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=183384>
- Gasser, U. (2015). *Interoperability in the Digital Ecosystem*. Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=2639210>

- Gröger, G., & Plümer, L. (2012). CityGML - Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71, 12–33. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.04.004>
- International Electrotechnical Commission. (2000). *Economic benefits of standardization Summary of results Final report and practical examples*. Retrieved from https://www.iec.ch/about/globalreach/academia/pdf/academia_governments/economic_benefits_standardization.pdf
- ISO/TC 211. (2017). ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics - Organization. Retrieved November 7, 2018, from <http://www.isotc211.org/organizn.htm#liaisons>
- ISO. (2018). ISO/TC 211 - Geographic information/Geomatics. Retrieved November 7, 2018, from <https://www.iso.org/committee/54904.html>
- Ivanov, A. Y., & Zatyagalova, V. V. (2008). A GIS approach to mapping oil spills in a marine environment. *International Journal of Remote Sensing*, 29(21), 6297–6313. <https://doi.org/10.1080/01431160802175587>
- Jackson, W. (2015). *Digital Image Compositing Fundamentals*. Retrieved from www.apress.com/bulk-sales.
- Kiviniemi, A. (2014). BIM & GIS - can we connect the dots? University of Liverpool. Retrieved from http://iug.buildingsmart.org/resources/London/BIM-GIS_intergration/bim-gis
- Kousholt, B. (2014). *Organisation og mennesker* (1st ed.). Nyt Teknisk Forlag.
- Kresse, W. (2004). *Standardization of Geographic Information*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.183.9919&rep=rep1&type=pdf>
- Kunimune, J. (2018). File:Mercator with Tissot's Indicatrices of Distortion.svg - Wikipedia. Retrieved December 30, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/File:Mercator_with_Tissot%27s_Indicatrices_of_Distortion.svg
- Laakso, M., & Kiviniemi, A. (2012). *The IFC standard – A review of history, development and standardization. Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* (Vol. 17). Retrieved from <http://www.itcon.org/2012/9>
- Ludvigsen, J. S. (2009). *Figurer af redningsberedskabet*.
- Martín-Gómez, C., Vergara-Falces, J., & Elvira-Zalduegui, A. (2015). Geographic information system software application developed by a regional emergency agency. *Case Studies in Fire Safety*, 4, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.csfs.2015.06.002>
- Maurya, S., Ohri, A., & Mishra, S. (2015). Open Source GIS: A Review, (October), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.12.025>
- Miljøministeriet. (2009). *DKTM - nyt system af kortprojektioner*. Retrieved from www.kms.dk
- Nedović-Budić, Z., & Pinto, J. K. (1999). *Interorganizational GIS: Issues and prospects. The Annals of Regional Science* (Vol. 33). Retrieved from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs001680050100.pdf>
- NextGIS. (2018). NextGIS. Retrieved October 21, 2018, from <http://nextgis.com/>
- NIRAS. (2018). Geokodning af ejendomsdata bliver et værdifuldt skattekort. Retrieved December 19, 2018, from <https://www.niras.dk/projekter/geokodning-af-ejendomsdata-bliver-til-et-vaerdifuldt-skattekort/>

- Nordjyllands Beredskab. (2018a). *Bilag 2: Sammenhæng mellem kerneydelserne*. Retrieved from <https://www.nordjyllandsberedskab.dk/om-os/nordjyllands-beredskab-2021>
- Nordjyllands Beredskab. (2018b). *Bilag 8: Operativ ledelse*. Retrieved from <https://www.nordjyllandsberedskab.dk/om-os/nordjyllands-beredskab-2021>
- Nordjyllands Beredskab. (2018c). *Bilag 9: Vandforsyning*. Retrieved from <https://www.nordjyllandsberedskab.dk/om-os/nordjyllands-beredskab-2021>
- Nordjyllands Beredskab. (2018d). *Nordjyllands Beredskab 2021*. Retrieved from <https://www.nordjyllandsberedskab.dk/om-os/nordjyllands-beredskab-2021>
- OGC. (2012). OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 2.0, OGC 12-019. [https://doi.org/OGC 12-019](https://doi.org/OGC%2012-019)
- Ohuri, K. A., Biljecki, F., Kumar, K., Ledoux, H., & Stoter, J. (2018). Modeling Cities and Landscapes in 3D with CityGML. In A. Borrmann, M. König, C. Koch, & J. Beetz (Eds.), *Building Information Modeling - Technology Foundations and Industry Practice* (pp. 199–215). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3>
- Open Source Geospatial Foundation. (2018). QGIS Server — OSGeoLive 12.0 Documentation. Retrieved December 25, 2018, from https://live.osgeo.org/en/overview/qgis_mapserver_overview.html
- Overgaard, B., Rejkjær, D., Kramhøft, J., Stenstrup, J., & Pedersen, T. M. (2004). *Vejledning i anvendelse af Web Feature Services Version 1.0.0*. Geoforum.
- Ozbek, E. D., Zlatanova, S., Aydar, S. A., & Yomralioglu, T. (2016). 3D Geo-Information requirements for disaster and emergency management. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41(December), 101–108. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B2-101-2016>
- Pawlowicz, L. (2007). Worldfile Basics. Retrieved November 21, 2018, from <https://freegeography-tools.com/2007/worldfile-basics>
- Python Software Foundation. (2018). What is Python? Executive Summary. Retrieved December 4, 2018, from <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- QGIS. (2018a). QGIS as OGC Data Server. Retrieved October 23, 2018, from https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/working_with_ogc/ogc_server_support.html
- QGIS. (2018b). Visual Style Guide. Retrieved December 10, 2018, from <https://www.qgis.org/en/site/getinvolved/styleguide.html>
- Ronan, T., & Teeuw, R. (2016). London's burning: integrating water flow rates and building types into fire risk maps. *International Journal of Emergency Services*, 5(1), 34–51. <https://doi.org/10.1108/IJES-11-2015-0023>
- Saylor Academy. (2012). Essentials of Geographic Information System. Retrieved October 23, 2018, from https://saylordotorg.github.io/text_essentials-of-geographic-information-systems/
- Septima. (2018). Septima Beredskab. Retrieved October 16, 2018, from <http://septima.dk/beredskab#kursus>
- Shafabakhsh, G. A., Famili, A., & Bahadori, M. S. (2017). GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 4(3), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.05.005>

- Sourcepole. (2018). QGIS Cloud. Retrieved October 23, 2018, from <https://qgiscloud.com/>
- Stančík, A., Macháček, R., & Horák, J. (2018). Using BIM model for Fire Emergency Evacuation Plan, *01012*, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814601012>
- Stoimenov, L. V., Milosavljević, A. L., & Stanimirović, A. S. (2007). GIS as a Tool in Emergency Management Process. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2007 Vol I, I*, 2–4. Retrieved from http://www.iaeng.org/publication/WCE2007/WCE2007_pp238-242.pdf
- Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. (2018). Kortforsyningen. Retrieved October 21, 2018, from <https://kortforsyningen.dk/content/gis-vejledninger>
- Thisted Kommune. (2019). BeredskabsGIS. Retrieved January 7, 2019, from <https://drift.kortinfo.net/Map.aspx?Site=Thisted&page=Brand>
- Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen. (2018). Bygningsreglementet. Retrieved November 11, 2018, from byggningsreglementet.dk
- Trafik- og Byggestyrelsen. (2016). *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri 2012* (2nd ed.).
- Transport- Bygnings- og Boligministeriet. Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i alment byggeri (2013). Retrieved from <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=144517>
- Udviklings- og Forenklingsstyrelsen. (2018). Om BBR. Retrieved December 19, 2018, from <https://bbr.dk/om-bbr>
- USGS. (2005). File:Usgs map mercator.svg - Wikipedia. Retrieved January 2, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/File:Usgs_map_mercator.svg
- USNA. (2018). Shape File Overview. Retrieved November 19, 2018, from https://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/md_help/html/shapefile.htm
- Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C. T., Alexandridis, A., & Bafas, G. (2004). A GIS based operational system for wildland fire crisis management II. System architecture and case studies. *Applied Mathematical Modelling*, *28*(4), 411–425. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2003.10.006>
- van Rossum, G. (2009). The History of Python: A Brief Timeline of Python. Retrieved December 4, 2018, from <https://python-history.blogspot.com/2009/01/brief-timeline-of-python.html>
- YouSee. (2018). TDC - Dækning. Retrieved December 6, 2018, from https://daekning.tdc.dk/tdcnetmap_ext_tile2/
- Zlatanova, S., Stoter, J., & Isikdag, U. (2012). Standards for Exchange and Storage of 3D Information: Challenges and Opportunities for Emergency Response. Retrieved from <http://resolver.tudelft.nl/uuid:a7d1e4a4-3155-43ce-81d4-6ad6cfc26617>

12.2 Figurliste

Figur 1-1: MacLeamy-grafen, der viser en traditionel byggeproces sammenlignet med en BIM-designproces. Typisk vil der i BIM-baserede projekter være mange tilgængelige informationer ved byggesagsbehandlingen. Baseret på AIA & AIACC (2007).	11
Figur 1-2: Sekvensmodel, der angiver arbejdsprocesserne i myndighedsafdelingen og den operative afdeling i et kommunalt redningsberedskab. Nedbrud (problemstillinger) er markeret med røde lyn. Nedbrud 4 er ikke i fokus i dette projekt og er derfor nedtonet.	13
Figur 1-3: Problemtræ for projektet. Under nøgleproblemet (markeret med sort i midten) er dets årsager. Konsekvenserne ved nøgleproblemet er placeret øverst. Pilenes retning viser kausalitetsretningen for de enkelte bokse.	16
Figur 1-4: Organisationsdiagram for Nordjyllands Beredskab. Baseret på udleveret materiale i forbindelse med interview af chef for vagtcentralen. Original i bilag 1.	18
Figur 1-5: Til venstre: projektets afgrænsede problemtræ. Til højre: projektets måltræ. Nøgleproblemet/målet er angivet i midten af hvert af de to træer med en sort tekstboks.	19
Figur 2-1: Contextual Design-modellens otte trin inddelt i to overordnede kategorier. Kommentarerne i højre side af figuren er projektspecifikke beskrivelser, og er ikke en del af den officielle model. Baseret på Beyer & Holtzblatt (2013).	22
Figur 2-2: Angivelse af 4 generiske metoder til brugerdrevet innovation. Baseret på Bisgaard & Høgenhaven (2010).	25
Figur 3-1: To forskellige niveauer af interessentanalyser. Interessenterne er inddelt efter interesse og indflydelse. Til venstre: interessentanalyse på brancheniveau. Til højre: interessentanalyse på inddraget virksomhedscase.	27
Figur 3-2: Informationsbehov, som er identificeret i forbindelse med workshopen.	29
Figur 3-3: Nordjyllands Beredskabs vision om operativ styring. De for projektet vigtigste elementer er markeret med rød tekst. Baseret på udleveret materiale i forbindelse med interview af chefen for vagtcentralen. Original i bilag 2.	32
Figur 3-4: Model over redningsberedskabets fysiske behov til en vidensdelingsløsning. Dele af illustrationen er baseret på Ludvigsen (2009).	33
Figur 3-5: Dækningskort for mobildatanetværket i Nordjylland, som udbydes af YouSee pr. november 2018. Baseret på YouSee (2018).	34
Figur 5-1: Lagopbygning i GIS. Baseret på Saylor Academy (2012).	39
Figur 5-2: LOD-grader i CityGML – fra LOD0 til LOD4. Baseret på Biljecki, Ledoux, & Stoter (2014) samt Donkers, Ledoux, Zhao, & Stoter (2015).	41
Figur 5-3: De fire lag i interoperabilitet. Typisk er alle fire lag i spil. Baseret på Gasser (2015).	46
Figur 5-4: Udklip af nogle væsentlige elementer fra de øverste lag i hierarkiet i en IFC-fil. Baseret på Borrmann et al (2018).	48
Figur 6-1: Projektets mål visualiseret ved hjælp af et måltræ. Måltræet er baseret på problemtræet (figur 1-3).	50
Figur 7-1: Workflowmodel for et potentielt fremtidigt informations- og workflow mellem redningsberedskabets aktører og interne/eksterne ressourcer.	52

Figur 8-1: Rapportens opdeling i forbindelse med beskrivelse og viderebearbejdning af løsningsforslaget. Figuren er baseret på workflowmodellen (figur 7-1).	54
Figur 8-2: Diagram, som viser processen i projektets løsningsforslag, set fra en brandteknisk sagsbehandlers arbejdsproces ved eksport af informationer til en GIS-baseret platform. Figurer er baseret på buildingSMART (2018c) og QGIS (2018b).	54
Figur 8-3: Samlet UED-diagram over GIS-platfordelen af projektets løsningsforslag. De grønne fokusområder repræsenterer eksisterende funktioner i QGIS. Fokusområdet "Søgefelt" (det gule fokusområde) er en funktion, der eksisterer som plugin. De blå fokusområder er projektudviklede elementer.	57
Figur 8-4: UED-diagram over de overordnede funktionaliteter.	58
Figur 8-5: UED-diagram over informationsopdeling i attributvinduerne for laget 501_Bygningsdata.	59
Figur 8-6: UED-diagram for handlinger, som bør indarbejdes i laget 501_Bygningsdata.	60
Figur 8-7: UED-diagram for IFC2GIS-scriptet.	61
Figur 8-8: GIS-projekt åbent i open-source programmet QGIS med et attributvindue åben for et objekt i laget 201_Aktive_anlæg. De forskellige fokusområder fra UED-diagrammet er angivet. ..	62
Figur 8-9: Brandforhold-fanen for laget 501_Bygningsdata. Øverst ses de andre faner med informationer om laget. I øverste venstre hjørne er lagets handlinger placeret.	64
Figur 8-10: Brugerinterface ved åbning af scriptet. Brugeren skal definere IFC-filsti, navn på terrændæks-element samt shapefilsti.	65
Figur 8-11: Når brugeren trykker "Browse", fremkommer et filbrowservindue til nemmere lokation af hhv. IFC-fil og shapefil.	66
Figur 8-12: De to typer fejlmeddelelser. Til venstre: forudsete fejl giver beskrivende fejlmeddelelser; til højre: uforudsete fejl giver en ukonkret fejlmeddelelse.	67
Figur 8-13: Til venstre: GIS-projektet åbnet i QGIS på brugerens PC. Til højre: GIS-projektet publiceret ved hjælp af QGIS Cloud og åbnet på en tablet via en webbrowser. Bemærk, at den faneopdelte information i QGIS til venstre ikke overføres i faneopdeling ved eksport til QGIS Cloud.	70
Figur 8-14: Publicering af GIS-projektet ved hjælp af NextGIS. Udsnit af informationsvisning.	70
Figur 8-15: Ny sekvensmodel, som angiver en potentiel fremtidig arbejdssekvens for redningsberedskabets aktører ved indarbejdelse af en GIS-baseret vidensdatabase. De nye arbejdsprocesser er markeret med grøn.	74
Figur 9-1: Brugerfeedback på inddeling af informationer i GIS-plattformen.	76
Figur 9-2: Illustration af attributtabel for løsningsforslagets GIS-projekt for laget 501_Bygningsdata.	76
Figur 9-3: De fire lag af interoperabilitet, som også er præsenteret i afsnit 5.3. Baseret på Gasser (2015).	79
Figur 9-4: BIM-modellen (øverst) indeholder mere end ét terrændæks-element, men kun det ene element eksporteres til shapefilen. Nederst er et skærmbillede fra QGIS, hvor det mørke område er bygningens faktiske omrids.	82

Figur 9-5: Cylindrisk kortprojektion. Baseret på USGS (2005).	83
Figur 9-6: Mercator-projektionen med Tissot-ellipser, som viser projektionens forvrængning. Baseret på Kunimune (2018).	83
Figur 9-7: Fremhævede felter er informationsbehov, som ikke er indarbejdet i projektets prototype. Illustrationen viser således et udviklingspotentiale.	85
Figur 10-1: Projektets måltræ, som er præsenteret i afgrænsningen (afsnit 1.4) samt målsætningen (afsnit 6). De fremtonede grønne felter vurderes som i nogen/høj grad opfyldt gennem udarbejdelsen af dette projekt. De nedtonede grønne felter er mål, som er bearbejdet i projektet, men kun i lav grad opfyldt. De nedtonede hvide felter er ikke/i meget lav grad berørt i dette projekt.	89
Figur 11-1: Placering af brandhaner i Thisted. Rød angiver en brandhane med en C-kobling, orange en B-kobling og grøn en A-kobling.	91
Figur 11-2: Ud fra brandhanernes placering kan der etableres et kort med angivelse af en radius fra brandhanerne. Kortet kan danne grundlag for analyse af vandforsyningen baseret på brandhaner. .	92
Figur 11-3: Ud fra Gummistøvleindekset kan beredskabet se, hvilke områder der er oversvømmningstruet ved en given vandstandsstigning i 10 cm intervaller. Figuren angiver en vandstandsstigning på 1,6 m ved Limfjordsbroen i Aalborg.	92

12.3 Tabelliste

Tabel 2-1: Contextual Design i dette projekt.	23
Tabel 3-1: Identificerede behov og dertilhørende formål på baggrund af interviews og workshop med medarbejdere fra Nordjyllands Beredskab.	30
Tabel 3-2: Identificerede behov og dertilhørende formål på baggrund af interview med en medarbejder fra Beredskab Øst.	31
Tabel 5-1: Sammenligning af filstørrelser for en shapefil og CityGML-fil med tilsvarende dataindhold.	42
Tabel 5-2: Temagrupper i Danske Beredskabers Grunddatamodel (Danske Beredskaber, 2018d). .	44
Tabel 8-1: Oversigt over temagrupper i løsningsforslaget.	63
Tabel 8-2: GIS-projektets lagopbygning. Nedtonede elementer er ikke i fokus i projektet.	63
Tabel 8-3: Sammenligningstabel over de fire servermuligheder, som er undersøgt i dette projekt. QGIS-server er ikke konkret afprøvet i projektet, men er baseret på online dokumentation. SyncBox har en meget begrænset dokumentation, så en del af funktionerne er ukendte – disse er markeret med ”?” i tabellen.	72

13 Appendiksliste

Herunder beskrives de appendikser, som er udarbejdet i projektperioden. De faktiske appendikser og bilag fremgår af en særskilt rapport (appendiks- og bilagsrapport).

Appendiks 1

Interview med Beredskab Øst

Interview med Nikolaj Lund Marquart fra Beredskab Øst. Appendikset indeholder interviewguide. Af hensyn til fortrolighed fremgår referatet fra interviewet ikke af appendiks- og bilagsrapporten.

Appendiks 2

Workshop med Nordjyllands Beredskab

Workshop med Jens Anker Gere og Jesper Ludvigsen fra Nordjyllands Beredskab. Appendikset indeholder interviewguide og strategi for workshop. Af hensyn til fortrolighed fremgår referatet fra interviewet ikke af appendiks- og bilagsrapporten.

Appendiks 3

Interview med Nordjyllands Beredskab

Interview med Lars Bjørndal fra Nordjyllands Beredskab. Appendikset indeholder interviewguide. Af hensyn til fortrolighed fremgår referatet fra interviewet ikke af appendiks- og bilagsrapporten.

Appendiks 4

Opfølgende workshop med Nordjyllands Beredskab

Opfølgende workshop med Jens Anker Gere og Jesper Ludvigsen fra Nordjyllands Beredskab. Appendikset indeholder interviewguide samt dagsorden for præsentation af løsningsforslag. Af hensyn til fortrolighed, fremgår referatet fra interviewet ikke af appendiks- og bilagsrapporten.

Appendiks 5

Inspirationsdag med Septima

Redegørelse over præsenterede funktioner i QGIS. Funktionerne er præsenteret i forbindelse med en temadag for redningsberedskaberne, som er arrangeret af GIS-konsulentvirksomheden Septima.

Appendiks 6

User environment design-diagram

User environment design-diagram over GIS-platformenes funktionaliteter.

Appendiks 7

Beskrivelse af GIS-platformens opbygning

Beskrivelse af GIS-platformen samt vejledning til åbning af projektet.

Appendiks 8

ZIP-mappe med IFC2GIS-script og relaterede filer

Python-script (i .py-format) samt relaterede filer. Hertil desuden shapefil og IFC-fil, så scriptet kan afprøves. Bemærk, at en række *modules* (udvidelsespakker) er nødvendige. Disse er beskrevet i appendiks 9.

Appendiks 9

Dokumentation af IFC2GIS-script

Detaljeret beskrivelse af scriptet og dets opbygning.

Appendiks 10

ZIP-mappe med GIS-plattform

ZIP-mappe med GIS-plattformen og tilknyttet data.

14 Bilagsliste

Bilag 1

Organisationsdiagram for Nordjyllands Beredskab

Organisationsdiagrammet er udleveret i forbindelse med interview med beredskabschef Lars Bjørndal fra Nordjyllands Beredskab.

Bilag 2

Vision om operativ styring

I forbindelse med interview med beredskabschef Lars Bjørndal fra Nordjyllands Beredskab er Nordjyllands Beredskabs vision om operativ styring præsenteret. Bilaget indeholder en grafisk illustration af visionen.