

```
4  const projec
5  t = new book
6  ({title: 'Sm
7  art vedligeh
8  old', 'Droner
9  , data og ku
0  nstigt intell
1  igens'});
```

```
{00.0:  
' Kolofon'  
}];
```


Udgivet af Molio - Byggeriets Videnscenter, og skrevet på baggrund af projektet *Smart Vedligehold* der kørte i 2021 – 2023. Projektet der havde til formål at undersøge brugen af kunstig intelligens (AI) og droner i forbindelse med drift og vedligehold blev støttet af Grundejernes Investeringsfond og ledet af ConTech Lab –en del af Molio. HD Lab er hovedforfatter til denne scrapbog, med sparring fra deltagende parter.



```
{00.1:  
  'Smart Vedligehold'  
};
```

- 6 Projektet har blandt andet bevist muligheden for både at kunne effektivisere dataindsamlingen og præcisere de bygningsmæssige registreringer, som vedligeholdelsesplaner baseres på. Det er i høj grad formålstjenligt for både rådgiver og bygherre.


_ Kasper Bentzen-Bilkvist Rasmussen, Plan1

- 
- 6 I projektet Smart Vedligehold har vi brugt kunstig intelligens til at løse en række forskellige problemstillinger inden for drift og vedligehold. Gennem arbejdet med de forskellige cases, har vi haft mulighed for praktisk at undersøge hvordan kunstig intelligens på forskellige måde kan styrke drift og vedligehold, og vi har gjort os erfaringer om det nødvendige datagrundlag, modenheden i branchen samt de udfordringer og potentialer som AI har.

_ Niels W. Falk, HD Lab

- 6 Projektets resultater har vist, at der er et stort potentiale i at udnytte kunstig intelligens og offentligt tilgængelige data til udarbejdelse af drift- og vedligeholdelsesplaner. Potentialet er især stort for boligselskaber og kommuner ift. at effektivisere deres arbejdsgange, spare penge samt forøge levetiden på deres bygninger og bidrage til den grønne omstilling.

_ Mayes Ali, ConLab

- 
- 6 Ved at kombinere droneinspektioner, byggeteknisk viden og AI kan vi komme et skridt tættere på digitalisering af ejendomsdrift og vedligehold. Projektet Smart Vedligehold har vist os, at der er et utal af muligheder for at få mere værdi ud af det data, vi indsamler med dronen. Det er kun begyndelsen på et nyt kapitel af muligheder med stort potentiale for optimering.

_ Peter Goldschmidt, DroneTjek

{00: 'Indhold' });

01.0 Projektet: Smart Vedligehold

01.1 _ Projektpartnere

01.11 _ Plan1

01.12 _ DroneTjek

01.13 _ ConTech Lab

01.14 _ HD Lab

01.2 _ Proces

02.0 Teknologien: Kunstig intelligens

02.1 _ Hvad er kunstig intelligens?

02.2 _ Hvordan udvikler man kunstig intelligens?

02.3 _ Hvad er potentialet?


```
model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', padding='same', kernel_initializer='he_normal', bias_initializer='ones'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Conv2D(16, (4, 4), activation='relu', padding='same', kernel_initializer='he_normal', bias_initializer='ones'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Conv2D(4, (5, 5), activation='relu', padding='same', kernel_initializer='he_normal', bias_initializer='ones'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

for layer in model.layers:
    print(layer.get_output_at(0).get_shape().as_list())

batch_size = 128
epochs = 150

model.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

model.fit(train_data, batch_size=batch_size, epochs=epochs, validation_split=0.15)
```

03.0 Cases: Droner, data og kunstig intelligens

- 03.1 _ Tagsten og tilstand
- 03.2 _ Tag og levetid
- 03.3 _ Tagflader
- 03.4 _ Autotekst
- 03.5 _ Stavekontrol
- 03.6 _ Reality capture
- 03.7 _ Offentlig data
- 03.8 _ Integration / Chatbot

04.0 Konsolidering: Erfaringer og fremtidsperspektiv

- 04.1 _ Hvad har vi lært?
- 04.2 _ Smartere drift og vedligehold i fremtiden
- 04.3 _ Idékatalog
- 04.4 _ Projektet i tal og billeder
- 04.5 _ Tak til deltagerene

{01.0: 'Projektet' });

Projektet "**Smart Vedligehold**" tager udgangspunkt i spørgsmålet om hvorvidt vi kan lave bedre **drifts- og vedligeholdelsesplaner** med **kunstig intelligens (AI)**. Bygningsdrift er under digitalisering samtidig med der er stigende fokus på **kvaliteten** af driftsplaner. Det kræver en masse **ressourcer** og **ekspertise** at lave gode driftsplaner – og der er steder, hvor vi er ved at nå en flaskehals. Så hvad nu hvis vi kunne **optimere og automatisere** udarbejdelsen af driftsplaner på ejendomme, ved at udnytte offentligt tilgængeligt data, en database af tidligere vedligeholdelsesplaner, AI og reality capture teknologier?

"Smart vedligehold" blev opstartet af et tværfagligt projektteam. Gennem workshops, interviews med stakeholders fra branchen og udvikling af konkrete prototyper på AI, undersøger projektet mulighederne og potentialet for AI-løsninger inden for området.

Projektet blev designet, så det samlet set kan give branchen inspiration og indsigt til at kaste sig over AI. I løbet af de indledende workshops blev det kortlagt, at det branchen ønskede for at gå i gang med AI og tage det første skridt var konkrete eksempler, god vejledning til hvor man kan starte og indsigt i hvad AI er og hvordan det virker.

Med start i maj 2021 blev der gennemført et forprojekt, der skulle give de første erfaringer og læring om brugen af AI til at lave driftsplaner. Efter forprojektet startede hovedprojektet i december 2021, som blev afsluttet i februar 2023 med udgivelsen af nærværende bog.

{01.1:
 ‘_ Projektpartnere’
 });



I Grundejernes Investeringsfond arbejdes der for løbende vedligeholdelse af private udlejningsejendomme. Dette skal sikre udvikling af boliger og bygninger, til formål for et bedre og sundere miljø.

GI støtter hvert år mange udviklingsprojekter i bygge- og boligbranchen, som skaber værdi for samfundets og dets borgere. Udviklingsprojekterne, som understøttes, relaterer sig til fire kategorier: Bedre byggekompetencer, klimavenlig renovering, sunde og funktionelle boliger og værdiskabende renovering. Hvoraf sidstnævnte støtter projektet ”Smart Vedligehold”.

Motivation for at støtte dette projekt var muligheden for at etablere en praksis for hvordan driftsherre og bygningsejere kan registrere bygninger ved brug af digitalisering og automatisering.

Det er vigtigt for GI at etablere et bedst muligt samarbejde, og projektet Smart Vedligehold har derfor forsøgt at repræsentere så mange forskellige aktører og synspunkter som muligt. Denne involvering har været gennem både projektpartnerene, ConTech Lab -en del af Molio, HD Lab, Plan1 og DroneTjek, samt gennem en række workshops og møder med branchen.

The logo for ConTech Lab consists of the words 'CON', 'TECH', and 'LAB' stacked vertically in a bold, black, sans-serif font, with a small horizontal line under 'LAB'.

The logo for HDlab features a stylized 'H' and 'D' in a square frame, followed by the word 'lab' in a lowercase, sans-serif font.

The logo for plan1 includes a stylized grid icon representing a building floor plan, followed by the text 'plan1' and 'CONSULTING ARCHITECTS' in smaller text below.

The logo for DroneTjek features the word 'DRONETJEK' in a bold, black, sans-serif font, with a stylized drone icon integrated into the letter 'J'.


```
{{01.1a:  
'_ Plan1'  
}};
```

Plan1 Cobblestone Architects er et team af arkitekter, bygningskonstruktører, og bygningsingeniører der tilbyder rådgivning til private og professionelle bygherrer indenfor renovering, transformation, bæredygtig fremtidssikring og byudvikling. Rådgivningen fokuserer på arkitektoniske, tekniske og økonomiske aspekter.

Plan1 prioriterer bæredygtighed, bevarelse af eksisterende arkitektur og digitalisering i deres arbejde. De har udviklet den digitale platform Driftsplaner.dk for at give overblik og gennemsigtighed inden for drift og vedligehold.

Plan1 deltager i projektet Smart Vedligehold grundet deres fokus på bæredygtighed og digitale løsninger, samt deres ønske om at bidrage til branchens fremskridt mod smartere drift og vedligeholdelse. Projektet arbejder i retning mod Plan1's mål om at kunne træffe de rigtige beslutninger på det rigtige tidspunkt og skabe værdi for deres kunder og fremtiden.

{{01.1b:
‘_ DroneTjek’
}};

DroneTjek hjælper private, virksomheder og det offentlige med at få fuldt overblik over deres ejendomme. Vi er specialister i ejendomsinspektioner og indsamler billeder og video med droner. Vi analyserer data og udarbejder en række produkter, såsom skadesrapporter, 2D-kort og 3D-modeller, for at opfylde individuelle behov hos alle aktører i bygge- og ejendomsbranchen.



DroneTjek giver grundlaget og viden for at optimere ejendomsdrift og -vedligehold. Med vores byggetekniske viden og erfaring arbejder vi sammen med kunden for at finde den bedste løsning – for økonomi, sikkerhed og miljø.

DroneTjek lægger vægt på bæredygtige løsninger, og ønsker at skabe det bedste beslutningsgrundlag. Vi prøver hele tiden at skubbe grænserne for, hvordan teknologi kan bidrage til at skabe værdi på tværs af branchen.

Smart Vedligehold

```
({01.1c:  
'_ ConTech Lab'  
});
```

ConTech Lab er sat i verden for at samle en fælles udviklingsplatform for digitalisering og teknologi, hvor byggeriets virksomheder sammen kan skabe fremtidens byggeri. Hos ConTech Lab deles al viden, til gavn for hele branchen.

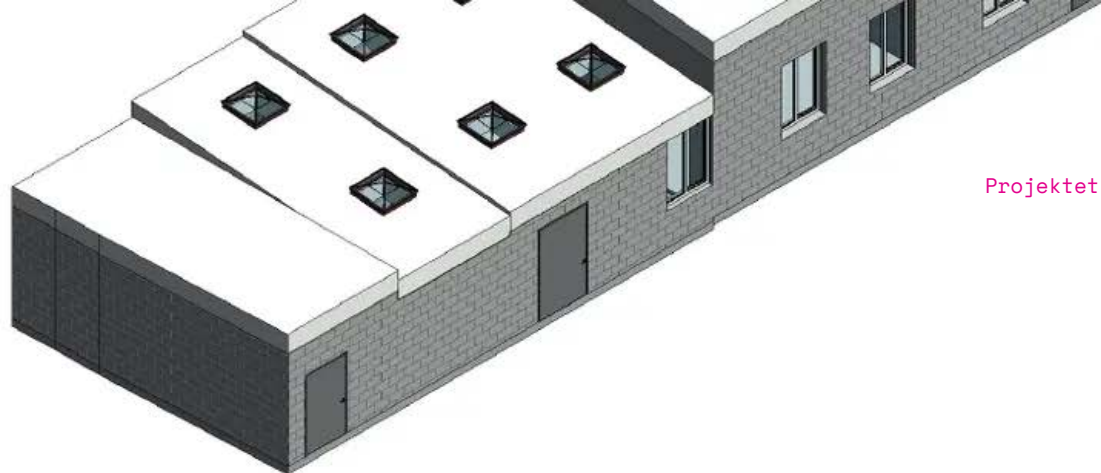
I ConTech Lab, arbejdes der med projekter ud fra en problembaseret tilgang. Dette betyder at alle projekterne er forankret i en reel praksis, som oplever nogle problematikker eller udfordringer. På den måde sikres værdi for projektets output. Hertil inddrager ConTech Lab byggebranchen bredt, så alle parter, i en ellers fragmenteret branche, sammen kan opnå en mere holistisk udvikling.

Disse ting spiller sammen i ConTech Labs ønske om at skabe øget produktivitet og udvikle løsninger til byggeriet, gennem teknologi og digitalisering.

ConTech Lab har deltaget i projektet Smart Vedligehold, grundet den klare mulighed for at skabe en forbedret praksis, gennem digitalisering. Det var ikke blot et spørgsmål om en hurtigere og mere effektiv proces, men også sikkerhed. Derfor var motivationen for at nå i mål med projektet stor.



CON
TECH
LAB



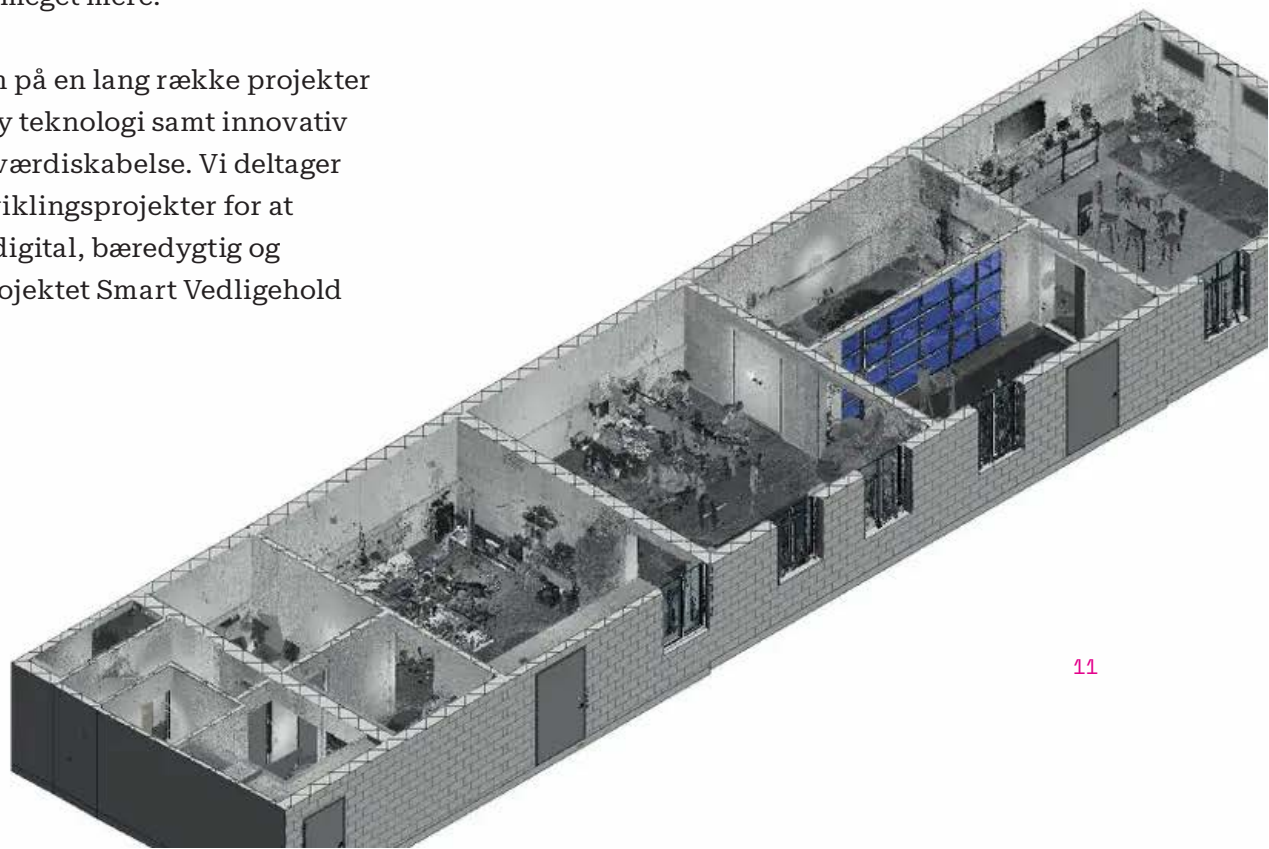
Projektet

{01.1d:
'_ HD Lab'
});

HD Lab arbejder med teknologi til byggebranchen. Vi ønsker at skabe bedre resultater og et mere effektivt samarbejde på tværs af branchen og alle byggeriets faser. Vi benytter digitale løsninger inden for blandt andet IKT og har en bred vifte af kompetencer indenfor 3D-modellering, granskning af digitalt projektmateriale, laserscanning, 360°-registrering, automatisering af designprocesser og meget mere.

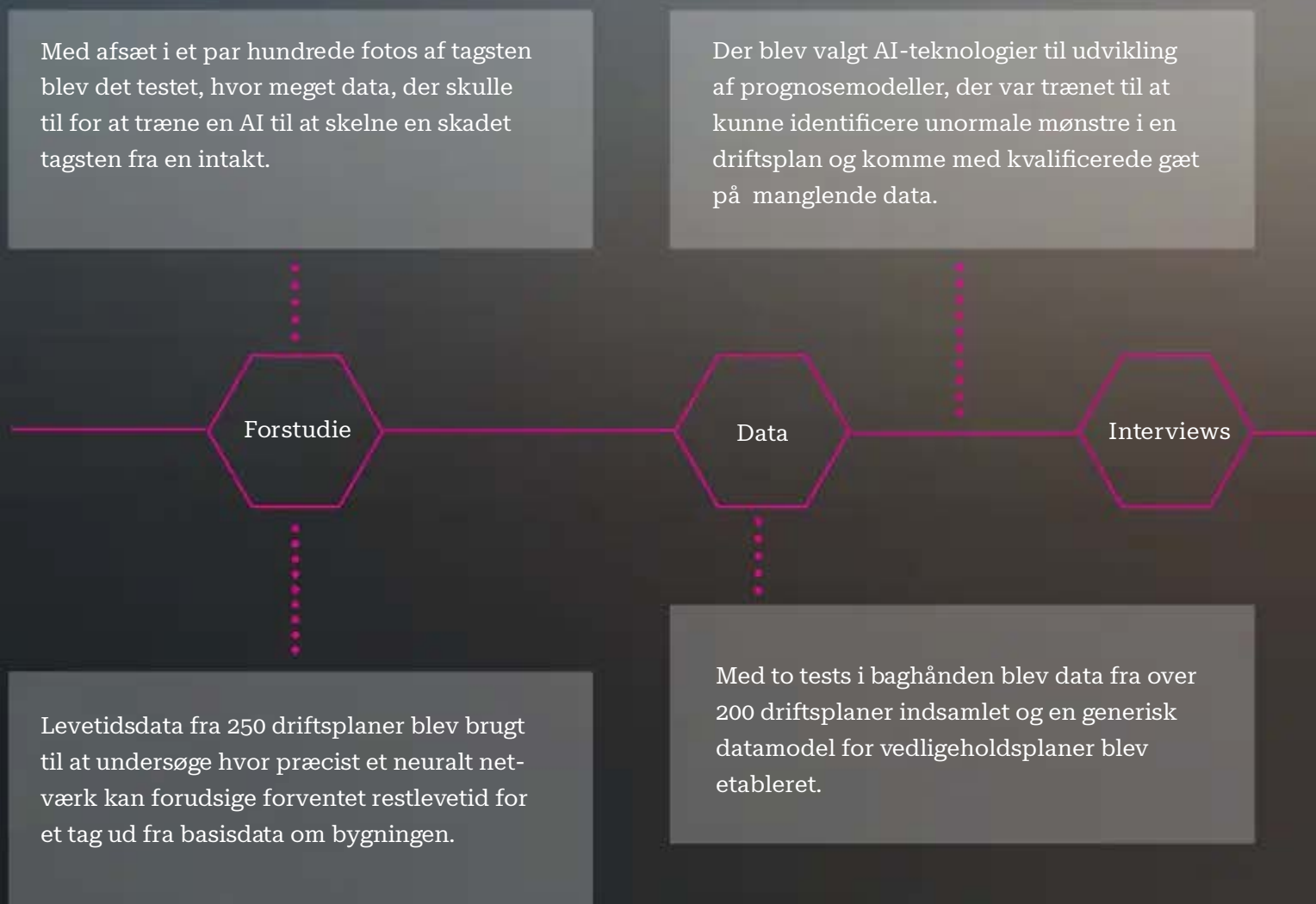
Mens vi er hands-on på en lang række projekter har vi også øje for ny teknologi samt innovativ problemløsning og værdiskabelse. Vi deltager i forsknings- og udviklingsprojekter for at bidrage til en mere digital, bæredygtig og effektiv branche. Projektet Smart Vedligehold

var en gylden mulighed for at holde fingeren på pulsen, og forsøge at rykke branchen i forhold til smartere drift og vedligehold ved hjælp af droner og kunstig intelligens, så vi kan løse nuværende så vel som fremtidige udfordringer.



```
{01.2:  
  ' _ Proces '  
});
```

Projektet har fulgt en proces, designet til at udvikle AI og samtidig indsamle eksempler samt praktisk erfaring. De AI'er der blev designet i projektet, er blevet udviklet til et niveau, hvor de virker i test og konceptet er efterprøvet.



Efter dialogen med dataejere og stakeholders udvikledes en AI der ud fra dronevideoer af tagflader kunne identificere områder med høj risiko for skader og optegne et "heatmap" over skadede områder.

Til at skaffe data om en bygnings arealer og konkrete bygningsdele, blev udviklet en AI, der ud fra fotos, scan og 260 billeder kan vurdere, hvor mange m2 gulv og facade bygningen har samt tælle antallet af vinduer og døre.

Workshops

Udvikling

Konference

Det tilgængelige relevante offentlige data blev kortlagt og det samlede datasæt beriget, så AI'erne kunne trænes bedre med afsæt i både offentligt og proprietær data.

De udviklede AI'er blev kædet sammen med en chatbot, der kan guide brugeren igennem udvikling, opdatering eller læsning af en driftsplan.

{02.0: 'Kunstig intelligens' });

Hvis du læser dette, så har du sikkert også låst din telefon op med Face ID, set en film som Netflix havde anbefalet til lige netop dig, brugt Google Translate fornyeligt eller benyttet en af de mange andre eksempler på kunstig intelligens (AI), som gør hverdagen nemmere eller sjovere. Men AI er meget mere end Siri og personlige anbefalinger, og i takt med at det bliver mere og mere udbredt i din hverdag, så er det også tilfældet i industrien.



Face ID



Netflix



Translate



OpenAI



Chatbot

I industrien har AI potentialet til at revolutionere mange (flere) arbejdsgange og processer, herunder drift og vedligehold. Løsninger der benytter AI, kan både erstatte en række jobfunktioner, men også hjælpe til, at frigive eksperter tid, så mennesker med værdifuld viden og erfaring, kan fokusere på opgaver der kræver menneskelig indsigt og tilstedeværelse, fremfor f.eks. tidskrævende rutineopgaver eller fejlsøgning.

Uanset om vi vil forstå hvilke roller AI på sigt kan overtage, eller hvordan vi bedst muligt udnytter AI til at forbedre arbejdstid, -område og -kvalitet, så er det vigtigt at forstå hvad AI egentlig er, hvordan man arbejder med AI og hvad vi kan forvente af AI på sigt.

```
{02.1:  
  '_ Hvad er kunstig intelligens?'  
}];
```



AI refererer til computere, maskiner og robotters evne til at udføre opgaver, der typisk kræver menneskelig intelligens. Med menneskelig intelligens menes der blandt andet visuel perception, altså evnen til at se og forstå verden omkring sig, evner inden for sprog såsom forståelse af det talte og skrevne sprog samt oversættelse mellem forskellige sprog, evnen til at træffe beslutninger på baggrund af information og evnen til at lære af eksempler og erfaring.



Kort sagt så kan AI altså beskrives som en simulering af intelligens i maskiner, der er designet til at tænke og agere som mennesker. Dykker vi lidt længere ned i emnet, så er AI på mange punkter, lige præcis kun en simulering af intelligens, og ikke intelligent i sig selv. AI som koncept, står på skuldrene af menneskelige intelligens men også meninger og holdninger i form af de datasæt AI'en trænes på eller lærer af. I forståelsen af AI er der et utal af måder at

gruppere, hierarkisk strukturere eller på anden måde opdele områder inden for AI på. Måden hvorpå vi danner overblik over AI, handler om hvorvidt man kigger på niveauet af intelligens, læringsmetoder, anvendelsesområde eller noget helt fjerde.


```
{02.1:  
'_ Hvad er kunstig intelligens?'  
});
```

Kigger vi på niveauet af intelligens for AI'er, så er der umiddelbart 4 niveauer hvoraf niveau 1 og 2 er dem vi allerede arbejder med. Niveau 3 og 4 er kun koncepter for hvad de næste skridt inden for innovation af AI kunne være, men heftigt debatteret hvad angår det etiske perspektiv:

1. Reactive machines:

Kan reagere på den aktuelle situation og ikke har nogen hukommelse om tidligere begivenheder.

2. Limited memory:

Kan gemme og bruge tidligere begivenheder til at træffe informerede beslutninger.

3. Theory of mind:

Kan forstå menneskelige følelser og overbevisninger.

4. Self-aware:

Har en følelse af selv og bevidsthed.

Kigger man på læringsmetoderne frem for niveauer af intelligens, så kunne man opstille følgende (semi)hierarkiske liste af læringsmetoder:

Symbolic Learning

Også kendt som GOFAI "Good Old-Fashioned Artificial Intelligence" (Ja, den er god nok) omfatter AI der benytter eksplicit definerede regler og repræsentationer til at træffe beslutninger og forudsigelser. Denne type er god til opgaver der kræver eksplicit begrundelse, men har lav fleksibilitet og er dårligere til håndtering af tvetydige, usikre og store datamængder.

Supervised Learning

AI'en trænes på datasæt med korrekte output, så AI'en lærer at lave forudsigelser baseret på input-output-relationerne. Denne type AI kan bruges til at lave forudsigelser med høj nøjagtighed, er forståelig og let at implementere på specifikke cases. Dog kræver den store mængder af sorterede input-output datasæt som kan være dyre og tidkrævende at anskaffe, og svære at benytte i den virkelige verden hvor der kan være både edge-cases og undtagelser.

Unsupervised Learning:

AI'en trænes på et datasæt og skal finde mønstre og relationer i dataene uden at vide hvad de repræsenterer eller hvad der er "korrekt". Målet med denne type AI er at afdække underliggende strukturer i datasæt, og styrken er at den kan håndtere store mængder usorteret data uden input-output relation. Dog kan det være svært at fortolke AI'ens resultaterne, og at træffe beslutninger ud fra dem.

Reinforcement Learning

AI'en lærer ved at udføre handlinger eller at interagere med et miljø, og modtage belønninger eller straf baseret på dens resultater. Denne type er god til at håndtere komplekse og dynamiske miljøer, og kan lære af erfaring. Dog kan den være kompleks at designe og tidkrævende at træne.

Semi-supervised Learning

AI'en trænes på et datasæt, der indeholder data både med og uden korrekte output. Målet for læringsmetoden er at udnytte data med output til at forbedre forudsigelserne på data uden output, og derved opnå mere præcise resultater på færre dyre og tidskrævende data. Dog er denne selvsagt følsom overfor kvaliteten af de data der har output.

Deep Learning

AI'en trænes primært med det der kaldes neurale netværk der kan bruges til at modellere komplekse mønstre i data gennem forudsigelser i flere lag. Denne type kan håndtere store mængder data, lære hierarkiske repræsentationer, og den kan lave forudsigelser med høj nøjagtighed. Dog kræver det store mængder af data at træne, og det kan være svært at fortolke resultaterne og forstå hvordan beslutningerne træffes.

Ser man på anvendelsesområderne for AI frem for niveauer af intelligens eller læringsmetoder, så er der endnu en lang liste af muligheder på tværs af forskellige industrier og processer. Nogle af de mest almindelige anvendelsesområder for AI inkluderer opgaver indenfor de førnævnte visuel perception, sprogforståelse samt dataanalyse, beslutningsstøtte, automatisering og f.eks. robotteknologi. Læs mere om arbejdet med AI, anvendelsesområderne og potentialet for AI inden for drift og vedligehold på de kommende sider.


```
{02.2:  
  '_ Hvordan udvikler man kunstig intelligens?'  
});
```

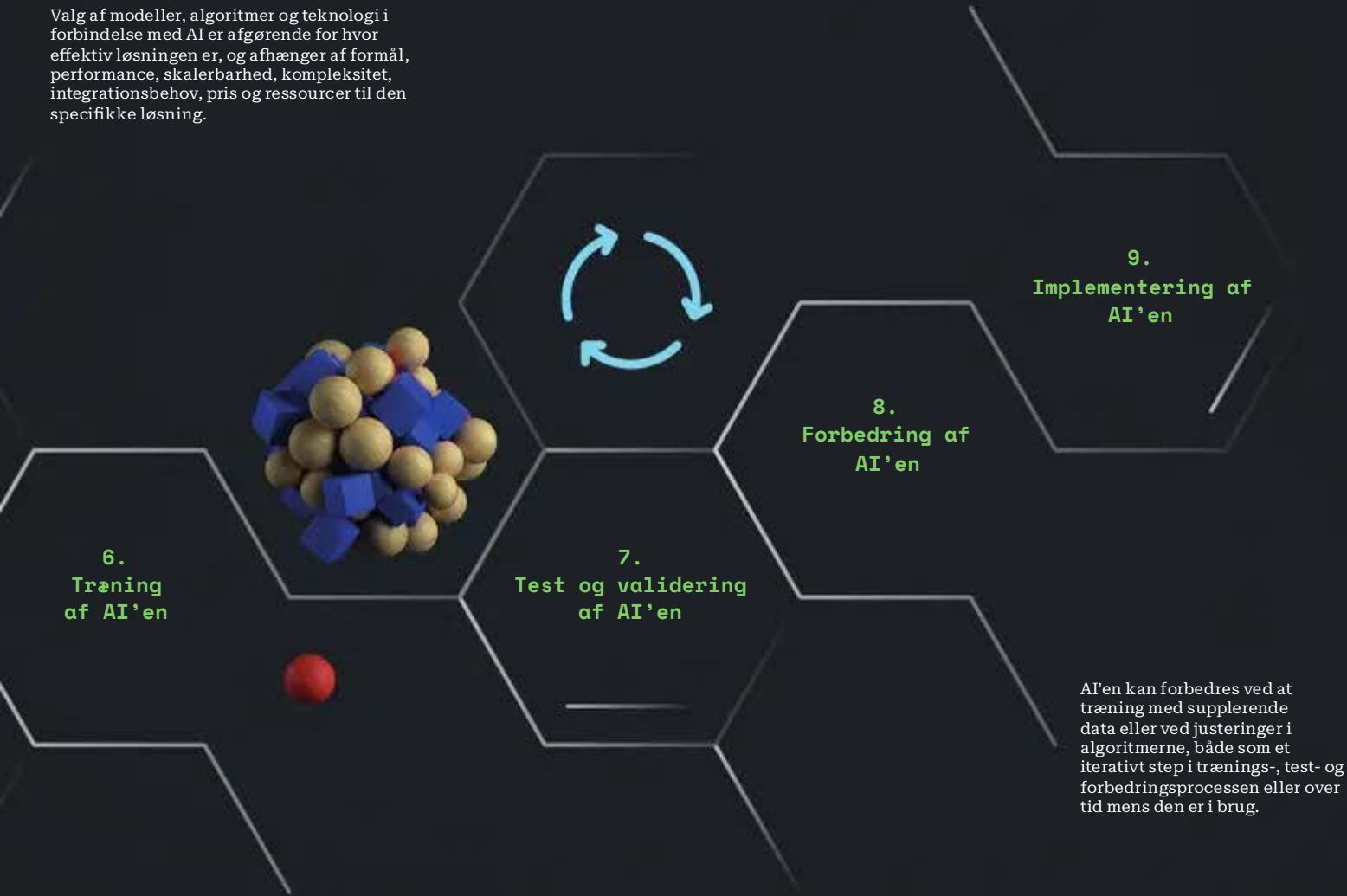
For udnytte AI til at løse komplekse udfordringer, effektivisere eller optimere både generelt, samt i drift og vedligehold, så er det vigtigt at se processen som en række af delopgaver der kræver omhyggelig overvejelse og planlægning. Ofte er der flere iterationer, og derfor også mange snitflader mellem de forskellige opgaver.

AI'er har brug for store mængder data at træne på, så det er vigtigt at indsamle og behandle disse data omhyggeligt. Jo større dataset, des bedre og bredere opgaver kan AI'en håndtere.



Valg af modeller, algoritmer og teknologi i forbindelse med AI er afgørende for hvor effektiv løsningen er, og afhænger af formål, performance, skalerbarhed, kompleksitet, integrationsbehov, pris og ressourcer til den specifikke løsning.

Når AI'en er færdigudviklet og testet, skal den implementeres til brug med eksisterende systemer, processer og arbejdsgange.



Træning af AI kræver store mængder data og computerkraft, men er et meget vigtigt skridt i processen, da det er her AI'en trænes til at genkende mønstre, finde sammenhænge og lave forudsigelser.

Test af AI'en og valideringen af den er et afgørende step for at sikre, at den er nøjagtig, pålidelig og i stand til at løse den opgave den er blevet udviklet til. Det skal sikres at usikkerheder, fejl og reaktionsmønstre i edge-cases opdages og håndteres korrekt.

```
{02.3:  
  '_ Hvad er potentialet?'  
});
```

Hvis vi som branche forstår AI og hvordan man arbejder med teknologien, så er der potentiale for at revolutionere (eller i det mindste bare rykke) drift og vedligeholdelse på det digitale og teknologiske niveau. I potentialet for drift og vedligehold ligger primært muligheden for at optimere på langsomme og manuelle processer, samt at opnå større sikkerhed og præcision i planlægningen.

Mennesker er som udgangspunkt bedre til opgaver der kræver kreativitet, kritisk tænkning, etisk beslutningstagning og kompleks problemløsning mens AI er bedre til at analysere store data-mængder, forudsigelse af mønstre i data, præcis indsamling af data, automatisering af processer og datadrevne beslutninger. Denne fordeling af kompetencer hos henholdsvis mennesker og AI kan udnyttes i drift- og vedligehold ved at benytte AI til en række datafokuserede tidstunge opgaver, og derved frigive mere menneskelig eksperttid til at løse de komplekse problemer og bidrage med indsigter til strategier.

Implementeringen af AI i drift og vedligehold kræver i lige så stor grad implementeringen af en proces der står på menneskelig indsigt, har klare definitioner af områder der kan optimeres ved brug af AI, fokuserer på indsamling af træningsdata, løbende træning, test, validering, forbedring af AI.

Økonomien, ressourcerne og de kvalifikationer, der kræves til en digital transformation af drift og vedligehold vil afhænge af det digitale udgangspunkt og ønsket om at innovere. Det er dog klart, at investering i AI for at være på forkant i branchen, giver gode muligheder for at tilbyde bedre og mere avancerede services og løsninger i dag. På sigt, er det nok kun et spørgsmål om tid, før AI kan blive et standardværktøj i branchen (i hvert fald hvis vi får styr på vores data – men mere om det senere).

Driftsplaner bliver i dag typisk udarbejdet på baggrund af visuelle inspektioner, mange års erfaring og subjektive vurderinger. Det er en langsom og manuel proces, der ikke er super præcis, men kræver at man:

- Indhenter data fra ejendomsejeren
- Interviewer ejendomsejeren
- Visuelt inspicerer alle bygningsdele
- Behandler alle data input
- Formidler input til en rapport

Med AI kan man med afsæt i eksisterende data og input fra fagspecialister opnå:

- At få mere repræsentativt data
- Bedre analyser og prognoser og etablering af mønstre i data
- Hurtigere og bredere indsamling af informationer – mindre risiko for menneskelige fejl
- Automatisering af processer – og dermed bedre udnyttelse af specialisternes tid
- Prognoser og forudsigelser, der afsøger flere scenarier
- Databaseret beslutningsprocesser



{03.0: 'Cases: Droner, data og kunstig intelligens' });

Projektet *Smart Vedligehold* har arbejdet med forskellige cases og udviklet en række **Proof of Concept** (PoC's) og prototyper med formålet at udforske mulighederne for at bruge droner, data og AI til at **optimere** konventionelle drift- og vedligeholdelsesprocesser ved at forbedre **effektiviteten** og kvaliteten gennem udnyttelse af **data**.



Cases


```
{03.1:  
'_ Tagsten og tilstand'  
});
```

Når der skal laves en driftsplan for et tag, så skal taget inspiceres for at undersøge tagets tilstand og restlevetid, så der kan lægges en plan og et budget for vedligehold.

Ved en droneinspektion af tagbelægningen på en ejendom, bliver ejendommen overfløjet med en drone og videooptagelser bliver efterfølgende manuelt gennemgået af en sagkyndig droneoperatør der klassificerer skaderne og udarbejder et registreringsdokument.

I forbindelse med forprojektet blev der indhentet træningsdata på skadet tegl. 358 billeder fra fire forskellige ejendomme er blevet analyseret med billedgenkendelse teknologi fra LOBE og en kunstig intelligens er blevet trænet til at identificerer revner/knæk og brud i teglsten med afsæt i tilstandsrapporterne udarbejdet i forbindelse med droneinspektionen.

Præcisionen i forudsigelserne kan opnås med begrænset data netop fordi billederne er beskåret og emnerne således er meget konsistente. Samtidig er træningsdataet struktureret og alle billederne har fået en label med "intakt" eller "skadet", hvilket gør læringen meget hurtigere.



FOTO INFO: 1. Tidspunkt: 01:14
OMRÅDEKODE: A5
BESKRIVELSE:
- Løse tagsten i skotrende, fare for nedfald
- Manglende tagsten i skotrende, fare for vandindtrængen
- Manglende tegl på brandkarm, fare for flere løse tegl

Droneinspektion



Intakte sten



Skadede sten



Den trænedede AI blev testet med 90 billeder og præcisionen på billedgenkendelsen af skadet tegl blev 94% på beskåret billeder og 61% på ubeskåret billeder. Så med relativt lidt træningsdata kan man lave en AI der kan identificere skadede tagsten. Brugeren vil kunne uploade et billede og den kunstige intelligens, vil kunne fortælle om teglen er intakt eller skadet.

```
{03.2:  
  '_ Tag og levetid'  
});
```

Udover en visuel inspektion af bygningsdelene ifm. tilstandsvurderingen, består en driftsplan af en kort beskrivelse af ejendommen, anbefalet aktivitetsplan for drift og vedligeholdelse, nøgletal og konklusion på budget og fordelingsplanen.

Efter ejendomsejeren er blevet interviewet, data er indhentet fra ejendomsejeren og offentlige tilgængelige datakilder, alle relevante bygningsdele er blevet visuelt inspiceret, bliver data behandlet. Data bliver behandlet i tre spor:

- Alle relevante bygningsdele bliver oprettet
- Tilstand og levetid for hver bygningsdel bliver vurderet
- Frekvens, tid og omkostninger bliver vurderet pr. bygningsdel

På baggrund af alle vurderingerne bliver en rapport udarbejdet med en generel konklusion, budget og fordelingsplan for drift og vedligehold af ejendommen.

Som del af forprojektet blev der bygget en prototype på en kunstige intelligens der kan forudsige restlevetiden, tilstanden og samtidigt fortæller usikkerheden ved sin forudsigelse ud fra grunddata om ejendommen. På den måde kan man bruge AI'en til at komme med et bud på, hvad man kan forvente.

Træningsdata fra 100 ejendomme med hver 13 individuelle parametre er blevet analyseret med en predictive model og en kunstig intelligens er blevet trænet til at forudsige tilstand og levetid på tagbelægningen på en vilkårlig ejendom på baggrund af 9 variabler.

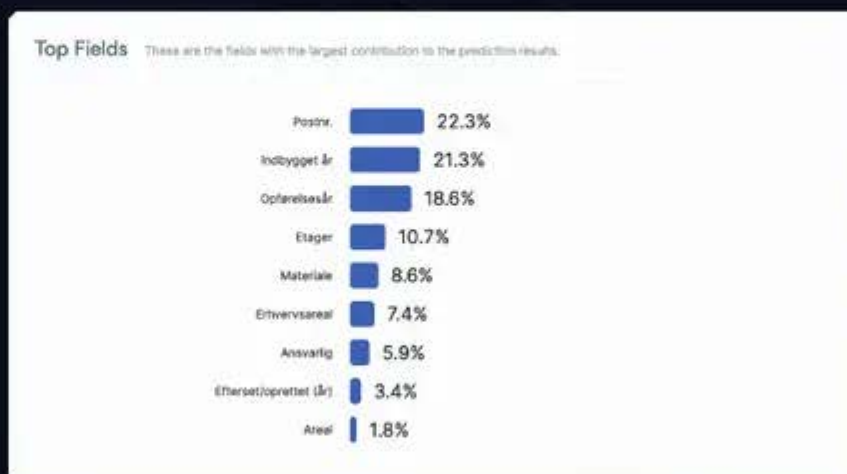
Præcisionen på forudsigelsen af tilstand og levetid blev 60% på tilstanden af tagbelægningen og ±54% på levetiden.

I det konkrete træningseksempel, kan man se at den kunstige intelligens forudsiger en restlevetid på 22 år og en middel tilstand, med usikkerhed på 44,35%. Det passer med den menneskelige forudsigelse noteret på stamkortet på 20 år og middel tilstand. Dog kendes usikkerheden ikke på de menneskelige forudsigelser, men jo mere data der hældes på systemet, jo lavere bliver usikkerheden på den kunstige intelligens.

NUMMER	NUMMER	NUMMER	NUMMER	NUMMER	TEKST	TEKST	NUMMER	NUMMER	NUMMER	NUMMER	TEKST
POSTNR.	OPRISLEKÅR	AREAL	ERHVERVSAREAL	ETAGER	BYGNINGSDEL	MATERIALE	INDFØDT ÅR	ØFFERBEDOPRETET	REFT LEVETID	ANTAL INDI	TILSTAND
2200	1961	3657	0	4	Tagbelægning	Tagpap	1961	2018	10	750	Middel
2200	1906	3551	20	5	Tagbelægning	Såller	2070	2018	50	130	God
2200	1906	3551	20	5	Tagbelægning	Tagpap	2070	2018	30	490	Middel
2950	1965	2429	0	4	Tagbelægning	Bølge-eterrit	2019	2018	40	700	God
2100	1920	1655	0	5	Tagbelægning	Tegsten	2011	2018	25	480	God
2200	1885	1076	138	5	Tagbelægning	Såller	1992	2028	30	117	Middel
2200	1885	1076	138	5	Tagbelægning	Tagpap	1992	2028	5	04	Under middel
1758	1928	22829	271	4	Tagbelægning	Tegsten	1928	2018	15	13172	Under middel
2000	1895	7070	3718	5	Tagbelægning	Såller	1997	2028	35	2606	Middel
2000	1895	7070	3718	5	Tagbelægning	Bølge-eterrit	1997	2028	25	2606	Middel
2200	1901	890	0	5	Tagbelægning	Tagpap	1901	2028	25	228	Under middel
2200	1901	890	0	5	Tagbelægning	Såller	1901	2028	25	228	Under middel
1850	1884	1688	220	5	Tagbelægning	Såller	1884	2021	20	350	Middel
1850	1884	1688	220	5	Tagbelægning	Tagpap	2021	2021	35	150	God
2720	1934	1299	0	3	Tagbelægning	Tegsten	1934	2017	5	600	Under middel
2300	1934	1310	0	5	Tagbelægning	Tegsten	1934	2018	10	416	Under middel
2200	1905	1267	0	5	Tagbelægning	Såller	2007	2017	80	200	God
2200	1905	1267	0	5	Tagbelægning	Tagpap	2007	2017	25	200	God
2200	1898	2295	0	5	Tagbelægning	Såller	1906	2018	20	250	Middel
2200	1898	2295	0	5	Tagbelægning	Tagpap	1996	2018	20	540	Middel
2000	1903	2669	0	4	Tagbelægning	Såller	1909	2018	35	798	God
1769	1861	15282	381	5	Tagbelægning	Tegsten	1994	2018	30	3350	Middel
1827	1905	3637	208	5	Tagbelægning	Såller	1992	2018	25	1220	Middel
1557	1894	2734	0	5	Tagbelægning	Såller	1894	2017	20	580	Middel

Med den trænedede prototype kan brugeren ved at indtaste følgende 9 variabler forudsige tilstanden og levetiden på bygningsdelen:

- Postnummer
- Opførelsesår
- Beboelsesareal
- Erhvervsareal
- Antal etager
- Ansvarlig for udførelse af driftsplanen
- Materiale af tagbelægningen
- Indbygningsår for tagbelægningen
- Sidst eftersat



Prediction Quality

How good your model is at predicting each outcome.

Tilstand Accuracy: 60.00%

Middel	God	Under middel
<p>87% predicted correctly 7 false positives</p> <p>Users predicted Middel are 18% more likely to be Middel than average.</p> <p>PRECISION: 0.533 RECALL: 0.889 F1: 0.667</p> <p>There aren't many cases where Tilstand is Middel in your dataset, add more to improve performance.</p>	<p>3% predicted correctly 1 false positive</p> <p>Users predicted God are 150% more likely to be God than average.</p> <p>PRECISION: 0.750 RECALL: 0.500 F1: 0.600</p> <p>There aren't many cases where Tilstand is God in your dataset, add more to improve performance.</p>	<p>1% predicted correctly 0 false positives</p> <p>Users predicted Under middel are 300% more likely to be Under middel than average.</p> <p>PRECISION: 1.000 RECALL: 0.200 F1: 0.333</p> <p>There aren't many cases where Tilstand is Under middel in your dataset, you may need more extreme predictions to sure of the prediction quality.</p>

Rest løvetid: Usurify Within: +53.93%

click to expand

Backtest Evaluation

A sample of the data ranked in order of highest to lowest probability.

Rest løvetid: Tilstand

Rest løvetid: Middel God Under middel

Top Rows	Middle Rows	Bottom Rows
<p>Accuracy: 90.9%</p> <p>Prediction Range: 1.00 - 0.81</p> <p>Percentile Range: 100.0% - 90.2%</p> <p>Total God: 10</p> <p>Probability of God: 309.1%</p> <p>(calculated to overall probability)</p>	<p>Accuracy: 53.7%</p> <p>Prediction Range: 0.80 - 0.31</p> <p>Percentile Range: 90.2% - 51.0%</p> <p>Total God: 18</p> <p>Probability of God: 135.7%</p> <p>(calculated to overall probability)</p>	<p>Accuracy: 58.0%</p> <p>Prediction Range: 0.30 - 0.00</p> <p>Percentile Range: 51.0% - 2.0%</p> <p>Total God: 5</p> <p>Probability of God: 30.3%</p> <p>(calculated to overall probability)</p>

Plan-1: Tilstands- og Levetidsberegner

Person: 1967	Opfølgningsår: 1895	Årsløst: 2250
Efternavn: 0	Slægt: 4	Anvendt: Kasper Rasmussen
Måned: Tagpap	Indbyggertal: 2005	Statistikperiode (år): 2018

Predict Fields

Upload Excel, CSV, Parquet or JSON

You can drag and drop a dataset (CSV, XLS, XLSX) anywhere on this page to upload what should be dataset test next

REST

Rest løvetid	Tilstand	Probability Tilstand is Middel
22	Middel	44.35%

Probability Tilstand is God	Probability Tilstand is Under middel
42.34%	13.30%

REST

Person: 1967, Opfølgningsår: 1895, Årsløst: 2250, Efternavn: 0, Slægt: 4, Anvendt: Kasper Rasmussen, Måned: Tagpap, Indbyggertal: 2005, Statistikperiode (år): 2018

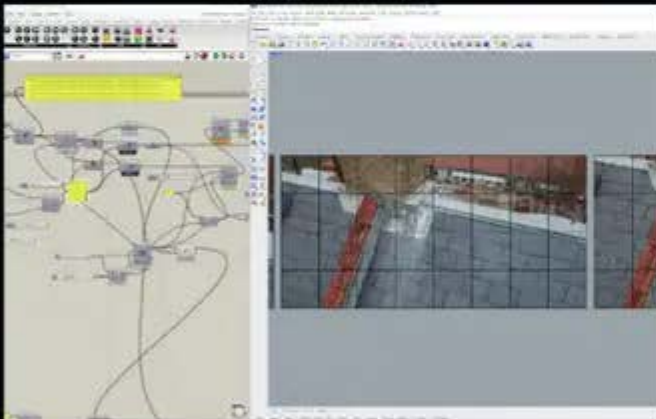
Smart Vedligehold

```
{03.3:  
  'Tagflader'  
});
```

Casen med tagflader var en løsning, der havde til formål at automatisere identifikation af revner og skader på hele tagflader ved hjælp af dronevideo, for at gøre planlægningsprocessen inden for drift og vedligehold mere effektiv og præcis.

Prototypen var baseret på indsigt i skader på tagflader og graden af disse, samt udførelsen af droneinspektioner på netop tage. AI'en blev udviklet til at analysere droneoptagelserne og identificere revner og skader på tagfladerne af typen tegl og skifer. AI'ens resultater blev derefter brugt til at generere et heatmap, der viste skader på videoen, med en høj og lav sandsynlighed på et givent sted i videoen.

Droneoverflyvningerne og tilstandsrapporterne til AI'ens træningsdata blev først indsamlet af DroneTjek, hvorefter optagelserne fra overflyvningerne blev opdelt i cirka 4000 individuelle frames med områder, hvor revner, skader, ikke-relevante områder blev markeret. De behandlede billeder blev derefter gemt i en database og brugt til træning af en predictive model i Python.





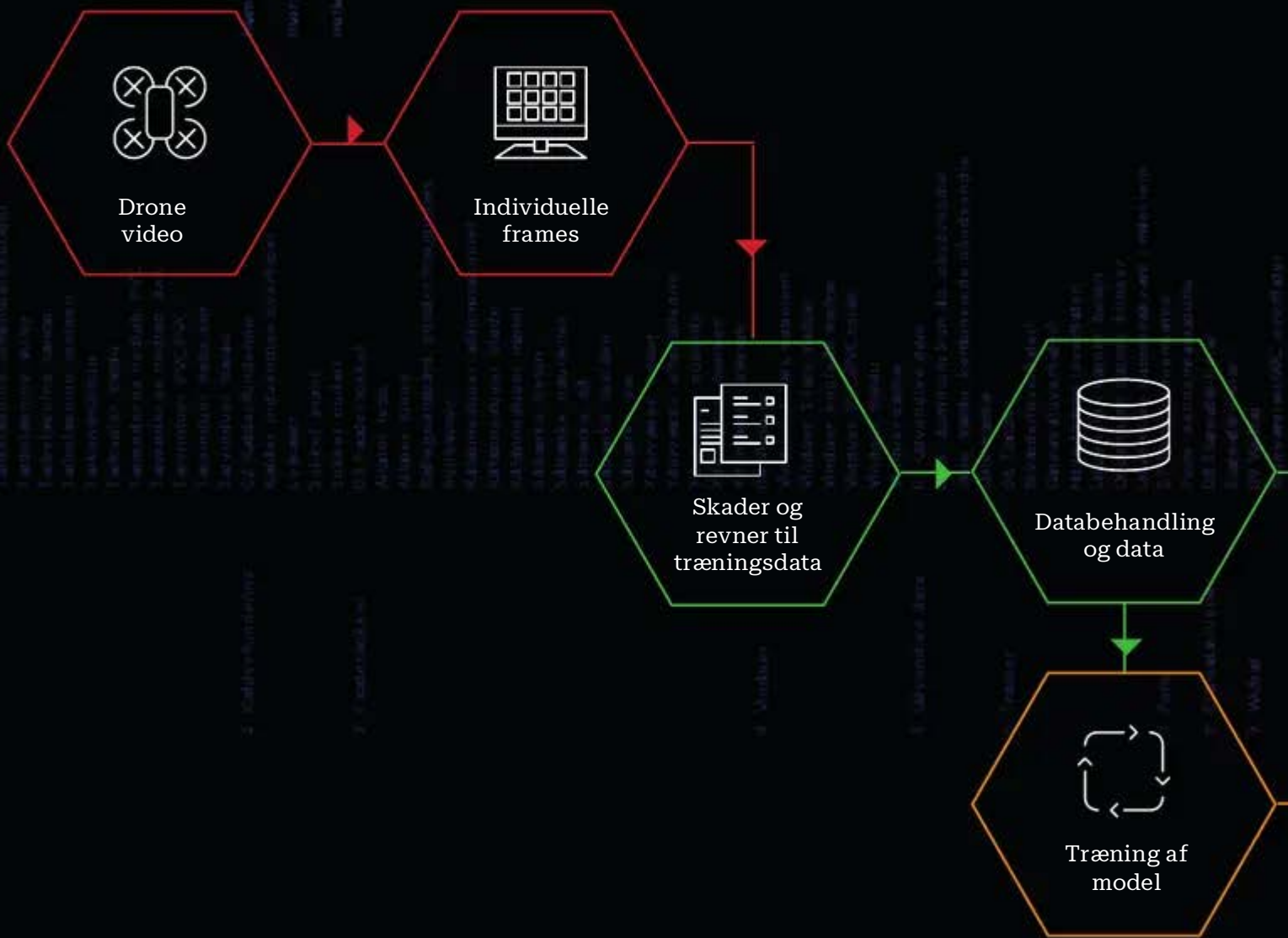
2.1. 2023-01-01
2.2. 2023-01-01

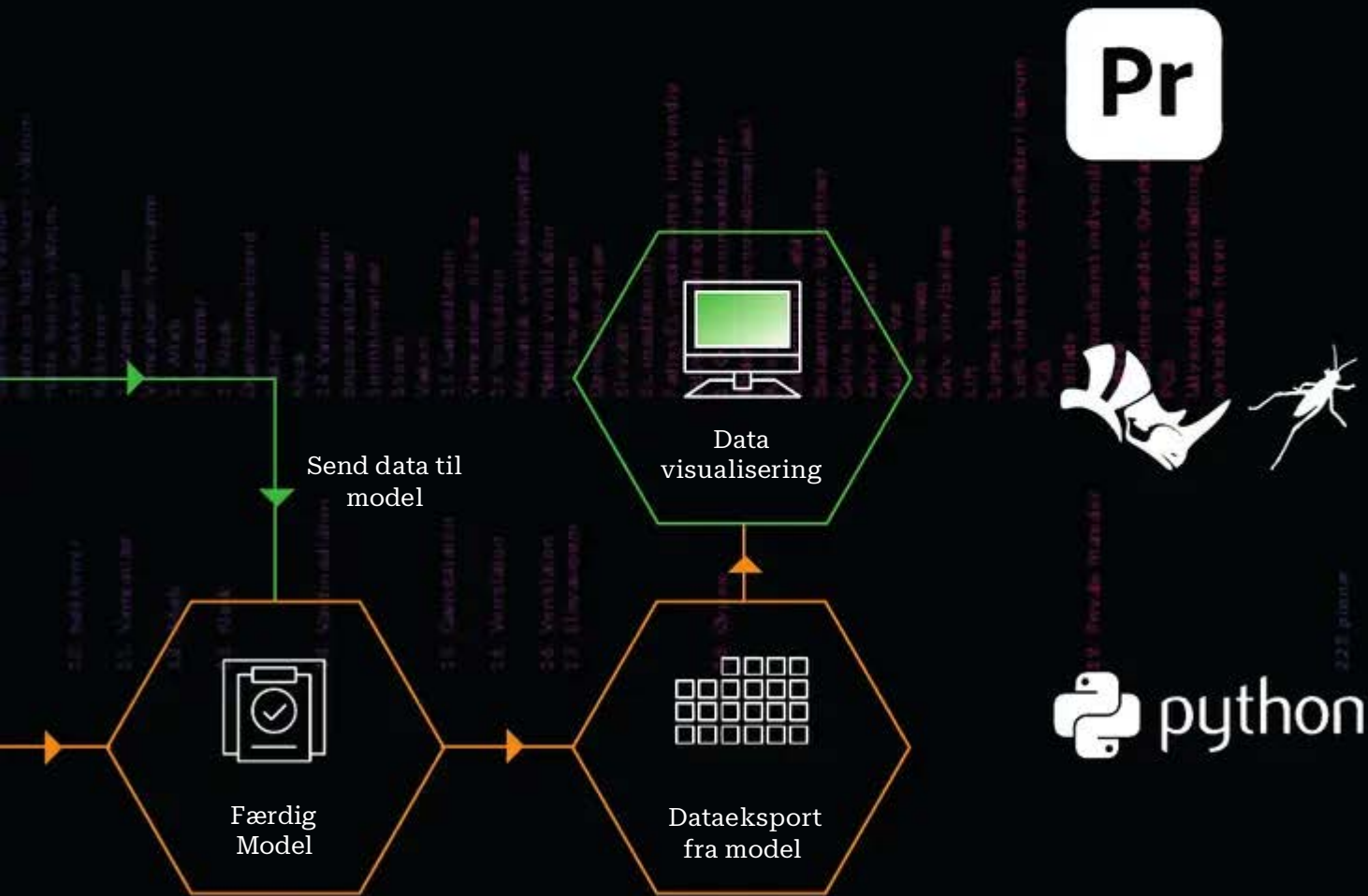
2.3. 2023-01-01

2.4. 2023-01-01

Smart Vedligehold

```
{03.3:  
  'Tagflader'  
});
```



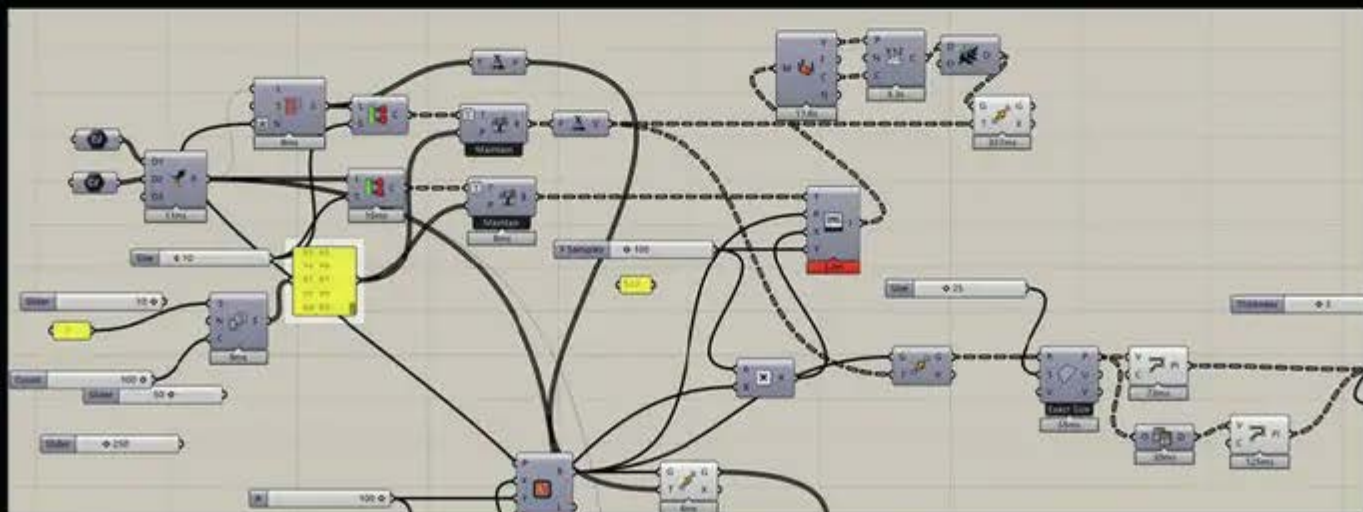


Smart Vedligehold

{03.3:
'Tagflader'
});

AI'en blev udviklet ved hjælp af supervised machine learning metoder, og benyttede blandt andet TensorFlow. Da AI'en var blevet trænet på billederne blev modellen valideret og forbedret ved at tilføje yderligere træningsdata og justere algoritmerne og modellerne.

Hvis prototypen skulle videreudvikles, kunne næste skridt være at inkludere yderligere træningsdata for tagflader til at forbedre forudsigelserne, og ved udvide dens muligheder for at identificere skader på andre typer af tag samt flere bygningskomponenter gennem træningsdata med bredere cases.





© 2011 Bentley Systems, Incorporated.
All rights reserved. Bentley and the
Bentley logo are registered trademarks of
Bentley Systems, Incorporated. MicroStation
is a registered trademark of Bentley Systems,
Inc. All other trademarks are the property
of their respective owners.

2011-01-01
2.1.1.1

```
{03.4:  
  '_ Autotekst'  
});
```

Driftsplaner for ejendomme indeholder udover stamdata, bygningsdelsdata og registreringer samt en plan for periodisk vedligehold (PPV) med et periodiseret budget. Til at bistå med indsamling af data og kunne lappe huller i datasæt blev der trænet en AI, der ud fra adresse og BBR-data fylder huller ud i datasæt og fungerer som en slags autotekst for driftsplaner. Der blev bygget en generel datamodel for en driftsplan og vigtigheden af de forskellige data blev rangereret.

AI'en blev trænet og tjekket på 245 driftsplaner fra Plan1's database. Driftsplanerne dækkede relativt ensartede etagebygninger med boliger i Storkøbenhavn og har derfor et rimelig homogent datasæt med ensartet datastruktur. Derfor kan mønstre dannes rimelige konsistent og algoritmerne i AI'en kan se hvilke datasæt der passer ind i mønstrene. Det krævede en del manuel oprydning i det ellers velstrukturerede data for at få helt præcise værdier i træningssættet, da data ikke var indsamlet til at træne AI'er på, men til at kommunikerer planer og registreringer.

AI'ernes træningsmotor kræver meget konsistente datamønstre, hvis de skal kunne trænes på et lille datasæt med mange parametre og give et rimelige præcist svar. Den virkede i praksis som en autotekst, der under udarbejdelse af driftsplanen kunne fylde et godt bud på data i det næste felt baseret på det indtastede.

AI'en blev bygget i Python med biblioteker fra Keras og data var samlet i Excel-ark. Den virkede ved at man uploadede basisdata og BBR-informationer samt det PPV data man har til rådighed, hvorefter AI'en kommer med et kvalificeret bud på, hvad de manglede data sandsynligvis ville være og fylder det ind i datasættet. Jo flere huller man har i sit datasæt, des sværere blev det for AI'en at give et præcist bud på det manglende data. Så selvom AI'en kunne generere det manglende data selv hvis der var mange huller i det indsamlede data, så blev det behæftet med stor usikkerhed. Men manglede man et par data, så kunne AI'en give nogen fornuftige bud.

Automatisk tegning - 030 - Skrivbeskyt

prediction(30).xlsx - Skrivbeskyt

Hjem Indsæt Tegning Sidelayout Formler Data Gennemse Vis Acrobat Fortæl mig det

Calibri (Tekst) 11

030

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Opførelsesnr. pr. ejlet nr. år	Adresse	Titel	Tilstand	Bygnings	Beste	ve	hold	for	for	drift og ved	ved	for
1	2808	2700 Præstegade	Såbænke	1	1820	10	2021	10	1842	1	2018	
2	1	2808	2700 Præstegade	Tapreder og redøb	1	1895	22	2020	1	1896	1	2018
3	2	2808	2700 Præstegade	Støtack	1	2017	50	2020	5	400000	1	2017
4	3	2808	2700 Præstegade	Taptelegemning	1	1890	10	2024	10	15000	1	2017
5	4	2808	2700 Præstegade	Vinduer	1	1890	30	2021	1	11210	1	2018
6	5	2808	2700 Præstegade	Taptelegemning	1	1890	20	2017	4	15018	1	2018
7	6	2808	2700 Præstegade	Hvidebrøse	2	1870	25	2022	5	16896	2	2019
8	7	2808	2700 Præstegade	Indvendige vægge og loft	2	1909	40	2017	2	300000	2	2017
9	8	2808	2700 Præstegade	Lift	1	2017	50	2020	5	15000	2	2017
10	9	1895	2250 Amerikvej	Vinduer	1	1885	20	2023	1	1893	1	2018
11	10	1895	2250 Amerikvej	Såbænke	1	1842	10	2024	10	27738	1	2018
12	11	1895	2250 Amerikvej	Belægning	1	1854	27	2021	5	17660	2	2018
13	12	2006	1792 Jagvej	Tapreder og redøb	2	2006	-1	2020	5	16641	1	2020
14	13	2006	1792 Jagvej	Et installationer	2	2006	40	2016	1	1000	1	2016
15	14	2006	1792 Jagvej	Afbovnl i bygningen	2	1911	26	2021	2	18288	1	2020
16	15	2006	1792 Jagvej	Vinduer	1	1881	26	2021	1	18288	2	2020
17	16	1916	10200 Halldamsgade	Løkkasser	2	1916	40	2024	5	10000	2	2016
18	17	1916	10200 Halldamsgade	Fælles Et-installationer	2	1951	26	2021	1	18288	1	2020
19	18	1916	10200 Halldamsgade	Byggerplads og støtack	2	2020	1	2020	10	1850000	1	2016
20	19	1916	10200 Halldamsgade	Karftingsfluger	1	1985	10	2016	1	1400	2	2016
21	20	1916	10200 Halldamsgade	Bagtrapper	2	1951	25	2021	1	18288	2	2020
22	21	1916	10200 Halldamsgade	Taptelegemning	1	1862	24	2018	5	18188	2	2019
23	22	1916	10200 Halldamsgade	Overflader bagtrapper	2	1916	40	2016	1	11310	2	2017
24	23	1916	10200 Halldamsgade	Såbænke	1	1828	26	2021	10	23275	5	2020
25	24	1863	1422 Vesterbrogade	Kloak	2	1985	40	2017	1	2500	1	2017
26	25	1863	1422 Vesterbrogade	Skurkene	2	2011	40	2021	5	80000	5	2021
27	26	1863	1422 Vesterbrogade	Badeværelser	2	1951	26	2021	2	18288	1	2020
28	27	1863	1422 Vesterbrogade	Bløde fuger i vindrum	1	1914	13	2018	2	8154	1	2019
29	28	1863	1422 Vesterbrogade	Såbænke	2	2011	40	2024	10	19042	2	2020
30	29	1899	30	2021	10	1899	30	2021	10	64790	3	2018
31	30	1899	100	2017	5	1899	100	2017	5	19277	3	2017
32	31	1874	26	2021	1	1874	26	2021	1	8996	1	2021
33	32	1856	29	2020	5	1856	29	2020	5	15246	3	2018
34	33	1815	27	2021	2	1815	27	2021	2	16360	1	2020
35	34	1897	25	2021	5	1897	25	2021	5	14417	1	2020
36	35	1940	34	2021	5	1940	34	2021	5	19634	3	2020
37	36	1981	26	2021	3	1981	26	2021	3	18288	1	2020
38	37	2001	25	2024	2	2001	25	2024	2	29382	8	2020
39	38	2006	26	2021	1	2006	26	2021	1	17272	1	2020
40	39	1901	80	2021	10	1901	80	2021	10	15482	1	2021
41	40	1896	25	2020	5	1896	25	2020	5	1430	2	2019
42	41	1914	21	2021	1	1914	21	2021	1	18784	1	2019
43	42	1916	24	2021	5	1916	24	2021	5	16000	2	2019
44	43	1914	21	2020	10	1914	21	2020	10	43996	1	2018
45	44	1974	18	2020	1	1974	18	2020	1	24818	1	2019

Automatisk tegning - 037 - Skrivbeskyt

037

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Opførelsesnr. pr. ejlet nr. år	Adresse	Titel	Tilstand	Bygnings	Beste	ve	hold	for	for	drift og ved	ved	for
1	2700	Præstegade Såbænke	1	1820	10	2021	10	1842	1	2018		
2	1	2700	Præstegade Tapreder	1	1895	22	2020	1	1896	1	2018	
3	2	2700	Præstegade Støtack	1	2017	50	2020	5	400000	1	2017	
4	3	2700	Præstegade Taptelegemning	1	1890	10	2024	10	15000	1	2017	
5	4	2700	Præstegade Vinduer	1	1890	30	2021	1	11210	1	2018	
6	5	2700	Præstegade Taptelegemning	1	1890	20	2017	4	15018	1	2018	
7	6	2700	Præstegade Hvidebrøse	2	1870	25	2022	5	16896	2	2019	
8	7	2700	Præstegade Indvendige vægge og loft	2	1909	40	2017	2	300000	2	2017	
9	8	2700	Præstegade Lift	1	2017	50	2020	5	15000	2	2017	
10	9	1895	2250 Amerikvej Vinduer	1	1885	20	2023	1	1893	1	2018	
11	10	1895	2250 Amerikvej Såbænke	1	1842	10	2024	10	27738	1	2018	
12	11	1895	2250 Amerikvej Belægning	1	1854	27	2021	5	17660	2	2018	
13	12	2006	1792 Jagvej Tapreder og redøb	2	2006	-1	2020	5	16641	1	2020	
14	13	2006	1792 Jagvej Et installationer	2	2006	40	2016	1	1000	1	2016	
15	14	2006	1792 Jagvej Afbovnl i bygningen	2	1911	26	2021	2	18288	1	2020	
16	15	2006	1792 Jagvej Vinduer	1	1881	26	2021	1	18288	2	2020	
17	16	1916	10200 Halldamsgade Løkkasser	2	1916	40	2024	5	10000	2	2016	
18	17	1916	10200 Halldamsgade Fælles Et-installationer	2	1951	26	2021	1	18288	1	2020	
19	18	1916	10200 Halldamsgade Byggerplads og støtack	2	2020	1	2020	10	1850000	1	2016	
20	19	1916	10200 Halldamsgade Karftingsfluger	1	1985	10	2016	1	1400	2	2016	
21	20	1916	10200 Halldamsgade Bagtrapper	2	1951	25	2021	1	18288	2	2020	
22	21	1916	10200 Halldamsgade Taptelegemning	1	1862	24	2018	5	18188	2	2019	
23	22	1916	10200 Halldamsgade Overflader bagtrapper	2	1916	40	2016	1	11310	2	2017	
24	23	1916	10200 Halldamsgade Såbænke	1	1828	26	2021	10	23275	5	2020	
25	24	1863	1422 Vesterbrogade Kloak	2	1985	40	2017	1	2500	1	2017	
26	25	1863	1422 Vesterbrogade Skurkene	2	2011	40	2021	5	80000	5	2021	
27	26	1863	1422 Vesterbrogade Badeværelser	2	1951	26	2021	2	18288	1	2020	
28	27	1863	1422 Vesterbrogade Bløde fuger i vindrum	1	1914	13	2018	2	8154	1	2019	
29	28	1863	1422 Vesterbrogade Såbænke	2	2011	40	2024	10	19042	2	2020	
30	29	1899	30	2021	10	1899	30	2021	10	64790	3	2018
31	30	1899	100	2017	5	1899	100	2017	5	19277	3	2017
32	31	1874	26	2021	1	1874	26	2021	1	8996	1	2021
33	32	1856	29	2020	5	1856	29	2020	5	15246	3	2018
34	33	1815	27	2021	2	1815	27	2021	2	16360	1	2020
35	34	1897	25	2021	5	1897	25	2021	5	14417	1	2020
36	35	1940	34	2021	5	1940	34	2021	5	19634	3	2020
37	36	1981	26	2021	3	1981	26	2021	3	18288	1	2020
38	37	2001	25	2024	2	2001	25	2024	2	29382	8	2020
39	38	2006	26	2021	1	2006	26	2021	1	17272	1	2020
40	39	1901	80	2021	10	1901	80	2021	10	15482	1	2021
41	40	1896	25	2020	5	1896	25	2020	5	1430	2	2019
42	41	1914	21	2021	1	1914	21	2021	1	18784	1	2019
43	42	1916	24	2021	5	1916	24	2021	5	16000	2	2019
44	43	1914	21	2020	10	1914	21	2020	10	43996	1	2018
45	44	1974	18	2020	1	1974	18	2020	1	24818	1	2019


```
({03.5:  
  ' - Stavekontrol'  
});
```

Med den AI, som var trænet til automatisk at kunne generere input til huller i datasæt for en driftsplan, kunne de trænedede algoritmer bruges til flere usecases.

Når en ny og komplet driftplan uploades, så sletter et script en celle ad gangen og lader "autotext" AI'en komme med et godt bud på, hvad værdien sandsynligvis er. Den gentrænede AI kiggede derefter på forskellen mellem det indtastede, som den havde slettet og det genererede data, der var fyldt i hullet. Hvis der er stor forskel på de to værdier, så noterer AI'en, at den ikke kan genkende mønsteret - og den flager der forskellen som mere eller mindre bemærkelsesværdig.

Dermed fik man trænet en AI, der ud fra et antal PPVer kan pege på hvilke dele af en ny PPV, der har et datamønster der er genkendeligt for AI'ens mønstre. Dette kan ses som en slags stavekontrol, der trækker fokus hen på udsædvanlige data. At indtastet data markeres som usædvanligt betyder blot at mønsteret ikke kan genkendes - og det kan betyde, at data der er indtastet er fejlbehæftet eller at det bare er udsædvanligt. F.eks. kan en meget kort restlevetid eller et meget højt budget være korrekt, men usædvanligt - men kan også være en fejlvurdering eller fejlindtastning. Begge dele er observationspunkter, som man bør dykke ned i og revurdere.

Case No.	Name	Age	Gender	Residence	Occupation	Onset Date	Duration	Severity	Diagnosis	Treatment	Outcome	Follow-up
1	John Doe	35	M	London	Software Engineer	2023-01-15	12 weeks	Moderate	Depression	Antidepressants	Improved	2023-04-15
2	Jane Smith	42	F	New York	Teacher	2023-02-01	8 weeks	Severe	Bipolar Disorder	Mood Stabilizers	Stabilized	2023-04-01
3	Michael Brown	28	M	Los Angeles	Artist	2023-03-10	6 weeks	Mild	Anxiety Disorder	Anxiolytics	Resolved	2023-04-10

Age group	Rate	Gender	Residence	Occupation	Onset Date	Duration	Severity	Diagnosis	Treatment	Outcome	Follow-up
18-24	12.5%	M	Urban	Student	2023-01-20	10 weeks	Moderate	Depression	Antidepressants	Improved	2023-04-20
25-34	15.2%	F	Suburban	Professional	2023-02-15	14 weeks	Severe	Bipolar Disorder	Mood Stabilizers	Stabilized	2023-05-15
35-44	10.8%	M	Rural	Farmer	2023-03-05	9 weeks	Mild	Anxiety Disorder	Anxiolytics	Resolved	2023-04-05

```
{03.6:  
  '_ Reality capture'  
});
```

Under udarbejdelse af driftsplanerne indsamles informationer om bygningsdele. Blandt de vigtige informationer er antallet af vinduer og døre samt arealer af facader og etager. I stedet for den traditionelle opmåling af tegninger og registrering af bygningen, så udvikledes en AI, der ud fra scans, 360-graders registreringer og fotos kan identificere bygningsdelene og fastslå omfanget.

I praksis blev der udviklet et antal scripts i Python, der med tensor-flows trænede en kunstig intelligens til at genkende døre og vinduer i punktskyer og fotos. Til træningsdata blev indsamlet billeder af døre og vinduer gennem Google-søgninger. AI'en blev trænet på 360-graders registrering, der består af flere hundrede billeder optaget med Matterport-kamera. Tensorflowet kunne identificere døre og vinduer med rimelig stor sikkerhed, men havde svært ved at sortere spejle, whiteboards og blanke bord-overflader fra. Med mere træningsdata ville dette kunne fikses, men der kom en del fejlidentifikation med over.

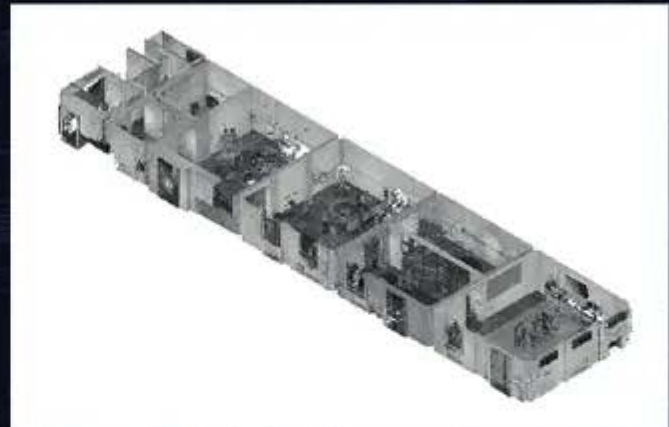
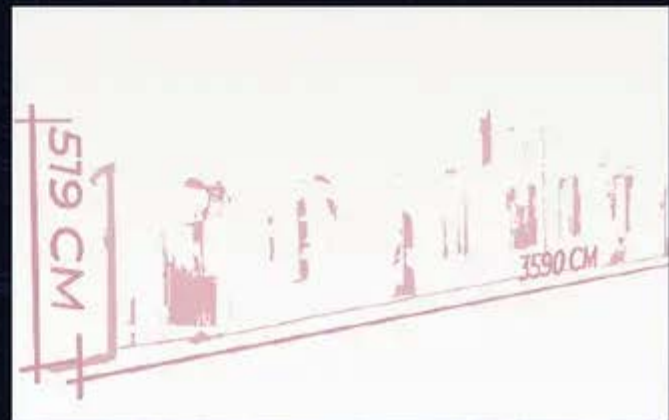


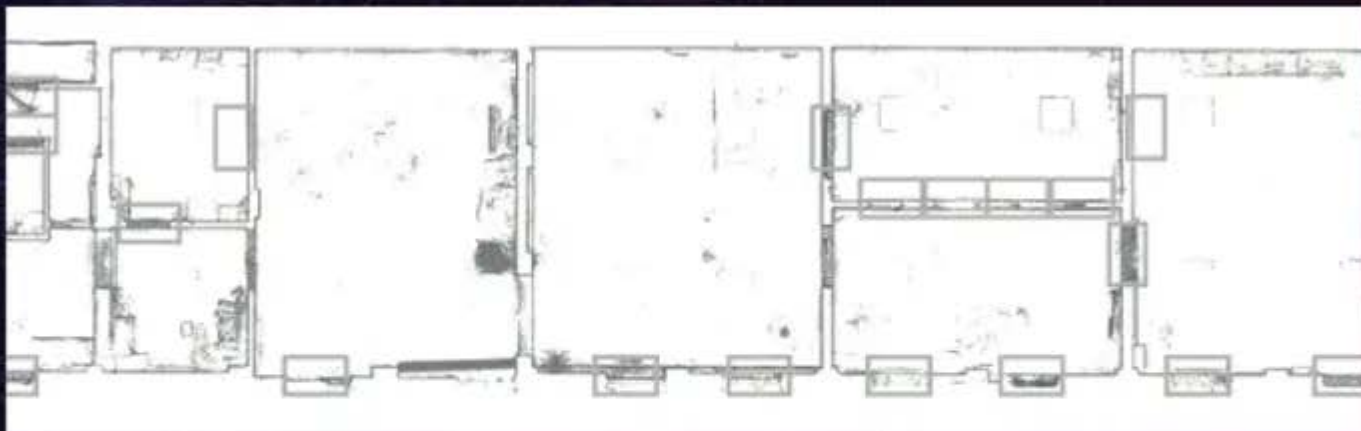



```
{{03.6:  
  '_ Reality capture'  
}};
```

Et andet tensorflow blev trænet til at se på de interne og eksterne lidar-scans. Ved at lave scripts i Python, der etablerer grundplan og opstalt af facade ud fra scans'ene, så kunne et lille robotsript beregne grundarealet og facadearealet i m2. Således kunne AI'en ud fra visuelt data indsamlet med reality capture (scans, fotos og 360-graders registreringer) komme med præcist skud på hvor mange vinduer, døre, m2 facade og gulve, som bygningen har.

Som del af forsøget, så blev AI'en trænet på baggrund af mange døre, vinduer og scans, men kun valideret med en bygning. Så AI'en var bedst i den bygning den var trænet i. Men med f.eks. 40-50 scans af lidt mere forskellige bygninger ville AI'en kunne arbejde med sikkerhed i mange bygninger. Hvis man ønsker en AI, der kan arbejde i mange forskelligartede situationer og medier, så skal mængden af træningsdata skrues betragteligt op.

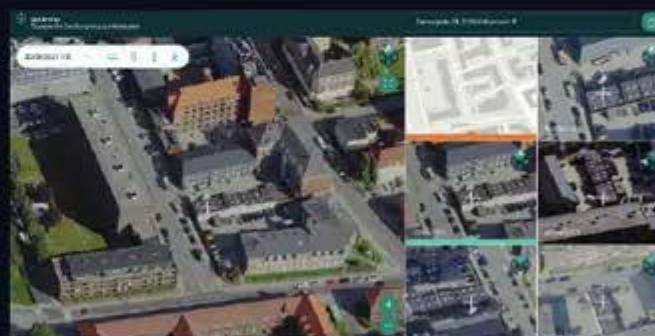
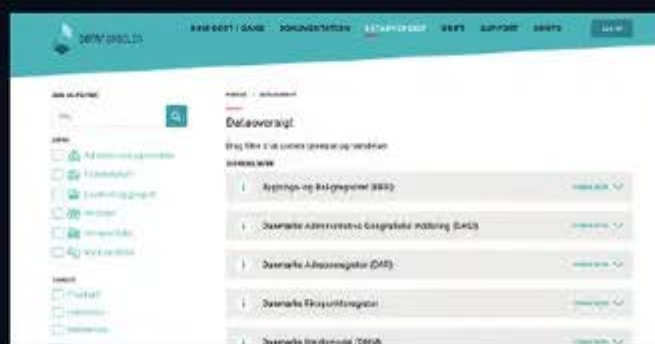




```
{03.7:  
'_ Offentlig data'  
});
```

Casen med indsamling af offentligt tilgængeligt data har fungeret som fundament for flere af de allerede beskrevne AI'er, som blev udviklet i projektet. Det offentligt tilgængelige data har været brugt som supplement til andet træningsdata for prototyperne, og denne case omhandlede mulighederne inden for anskaffelsen og brugen af lige netop dette data. Grunden til at denne type data blev set som en vigtig del af projektet er, at Danmark har en af de mest digitaliserede offentlige sektorer i verden, og deraf også en stor mængde af offentlige data tilgængeligt. En af de største hindringer for brugen af AI i drift og vedligehold er manglen på data, og derfor var udnyttelsen af det offentlige data en gylden mulighed for at berige projekterne på data-fronten.

Denne case begyndte med en kortlægning af datakilder og undersøgte blandt andet Datafordeleren der er distributør af data fra diverse registre blandt andet BBR (Bygnings- og Boligregisteret) som er det landsdækkende register med data om samtlige bygninger i Danmark og som både anvendes af statslige, regionale og kommunale myndigheder, samt af forsyningsselskaber og en række private virksomheder. Desuden blev Skråfoto, Kulturarv, Geo Danmark og OIS kortlagt.





I forbindelse med anskaffelse af det kortlagte data blev muligheder inden for dataudtræk fra Datafordeleren, API'er og web-scrape undersøgt. Det blev besluttet at arbejde videre med en automatiseret web scraper der i første omgang blev testet på BBR, og senere hen ville kunne udvides til de andre datakilder.

```
{03.7:
'_ Offentlig data'
}];
```

Scraperen blev bygget i Python og benyttede pakkerne Pandas der er et bibliotek for datamanipulation og analyse samt BeautifulSoup der er et bibliotek for web scraping.

Scraperenes data-flow bestod af adresser fra en Excel-fil. For hver adresse blev der foretaget en automatisk søgning på BBR, og relevant data blev tilføjet til Excel-filen med adresser. Den berigede adresseliste kunne således bruges som udgangspunkt for de andre prototyper der benyttede BBR-data.

Udfordringen ved at benytte offentligt data såsom BBR-data i forbindelse med AI er, at vi ikke kender kvaliteten af det, men ved at der er en del fejl og mangler fordi opdateringen af data i høj grad afhænger af ejerens indberetninger og kommunernes kontrol. Tager man dette i mente, kan man dog sagtens få værdi ved brugen af BBR, da man må antage at data med risici for fejl vil give gennemsnitligt bedre resultater end direkte gæt.

En del af projektet gik således også ud på at undersøge datakvaliteten inden for forskellige områder, og gennem sparring med eksperter indenfor BBR, blev det klart, at der er tale om en relativt begrænset mængde alvorlige fejl, når det gælder de vurderingsmæssigt meget afgørende forhold vedrørende bygningens ydre karakteristika, f.eks. arealangivelser, mur, tagtype og lignende. Der er dog større usikkerhed omkring bygningens indre forhold, f.eks. oplysninger om toilet, badeforhold og rumfordeling mv.

```
import requests
import pandas as pd
from bs4 import BeautifulSoup

# Load excel-fil med adresser
df = pd.read_excel('adresser.xlsx')

# Loop gennem alle adresser i excel-filen
for index, row in df.iterrows():
    address = row['Adresse']

    # WWW-søgning for hver adresse
    search_url = 'https://bbr.dk/webform' + address
    search_response = requests.get(search_url)
    search_soup = BeautifulSoup(search_response.content, 'html.parser')
    search_result = search_soup.find('a', class_='property_link')

    if search_result:
        # Hent adressens eksisterende ID fra BBR
        property_url = 'https://bbr.dk' + search_result['href']
        property_response = requests.get(property_url)
        property_soup = BeautifulSoup(property_response.content, 'html.parser')

        # Hent søgningens bygningstype
        type_html = property_soup.find('td', class_='property_type')
        type = type_html.text.strip() if type_html else None
        year_html = property_soup.find('td', class_='property_year')
        year = year_html.text.strip() if year_html else None
        use_html = property_soup.find('td', class_='property_use')
        use = use_html.text.strip() if use_html else None
        area_html = property_soup.find('td', class_='property_area')
        area = area_html.text.strip() if area_html else None

        # Tilføjer søgningens til excel-filen
        df.at[index, 'Adresse'] = address
        df.at[index, 'Type'] = type
        df.at[index, 'Year'] = year
        df.at[index, 'Use'] = use
        df.at[index, 'Area'] = area

print(df)
```

Hvis denne case skulle udvikles videre, så ville de være ideelt at tilføje flere datakilder til scraperen, samtidig med at der kunne laves yderligere og mere dybdegående analyser af datakvaliteten inden for de forskellige datakilder. Som en del af projektet Smart Vedligehold indgik scraperen som data-fundament i en integration mellem de forskellige prototyper i form af en chatbot.




```
{03.8:  
  '_ Integration/Chatbot '  
});
```

Som en del af projektet blev der designet en integration af alle prototyperne i form af en chatbot der skulle samle funktioner fra de respektive AI'er fra projektet. Formålet var at designe en chatbot der kunne hjælpe med drift- og vedligeholdelsesplaner og opgaver og ude support til de involverede aktører.

Chatbotten integrerer således flere funktioner inden for inspektion, tilstand- og skadesregistrering, levetidsvurdering, data og automatisering af elementer i driftsplaner herunder oprettelse, anskaffelse af basisdata, ændring/opdatering af driftsplaner, beslutningsstøtte og informationssøgning på flere niveauer. Chatbotten kunne altså fungere som en form for en virtuel assistent eller sparringspartner i forbindelse med opgaver relateret til drift og vedligehold.

Målet med denne case var således at integrere AI-løsningerne fra projektet, i en chatbot med en brugergrænseflade der var nem at bruge og intuitiv, så ideen på sigt ville kunne lette eksisterende arbejdsgange og integrere med nuværende systemer og platforme.



Tagsten og tilstand:
identifikation af skade på tagsten



Tag og levetid:
vurdering af restlevetid på tag ud fra basisdata



Tagflader:
tilstandsvurdering fra droneinspektion



Autotekst:
automatiserede driftsplaner ud fra basisdata og offentligt tilgængeligt data



Stavekontrol:
check af driftsplaner ud fra basisdata og offentligt tilgængeligt data



#Reality capture:
mængdeudtræk fra scans, billeder og tegninger



Offentlig data:
automatiseret datagrundlag for bygninger

```
{03.8:  
  '_ Integration/Chatbot '  
});
```

En stor del af projektet blev brugt på kortlægning af arbejdsgange og brugerrejser for at forstå processen og krav fra forskellige aktører, med indsigter fra Plan1 og dronetjeks arbejde med driftsplaner og droneinspektioner. Projektet bestod også af en dybdegående skitsering af konceptet, design af integration for protyperne samt databasestruktur, modeller samt overvejelser i forhold til brugergrænseflade.

Chatbots som denne benytter sig af Natural Language Processing (NLP), som er et felt inden AI der har med sprogforståelse at gøre, og det er dette der gør chatbotten i stand til at forstår brugerens spørgsmål og at give relevante svar. Igennem de andre prototyper vil chatbotten også have input fra områder herunder computer vision til droneoptagelserne, predictive analytics i forbindelser estimerer af levetid samt vidensgrafer til at lagre og finde information om bygninger og bygningsdele.

Anskaffelsen af træningsdata til chatbots, inklusiv denne, er en ekstremt tidskrævende proces, hvis ikke man kan genbruge eksisterende samtaler om emnet, da modellen lærer af tidligere spørgsmål og hvordan de er blevet besvaret (hvis ikke der er tale om regel-baserede svar). Desuden består en del af arbejdet i at teste og validere chatbotten gennem flere iterationer, for at forfine svarene og forbedre nøjagtigheden. Det største potentiale for en løsning som denne ville dog også være læring og erfaringer ved interaktionen med brugere på virkelige drift- og vedligeholdelsesprojekter, så træningsdataet ville blive endnu mere repræsentativt i forhold til bygningsdata, arbejdsgange og planer vs. budgetter.

	L	H
1	50	
2		70
3		
4		

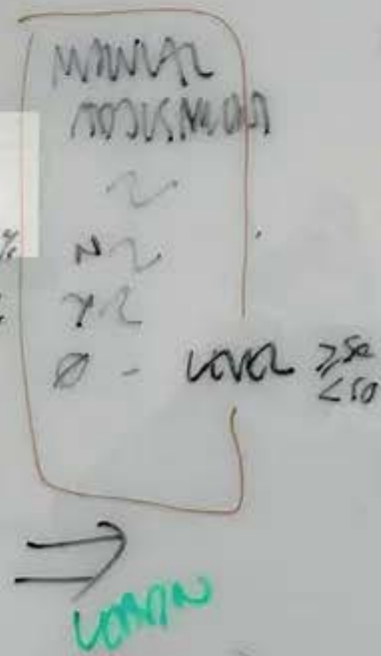
{ 04.0:

Konsolidering

}D;



ADD
CROSS-MEDIA



Projektet **Smart Vedligehold** har foruden et antal af cases også genereret en lang række **erfaringer** om AI, data, drift og vedligehold samt potentialer og udfordringer i **krydsfeltet** mellem disse. Projektet giver derfor anledning til at dele erfaringer som **branchen** kan læne sig op ad, men også idéer og **inspiration** til projekter, som vi håber, at branchen vil kaste sig over.



Kunstig intelligens

AI er en meget bred teknologi – og det er ikke helt så sexet som det ser ud hvis man googler det, og i virkeligheden dækker begrebet over virkelig mange koncepter. Skal man købe eller udvikle AI, så kræver det man sætter sig ind i det eller allierer sig med nogen der er kompetente på området.

Kunstig Intelligens er ikke særlig intelligent ”out of the box”. De er en teknologi, der er stærk til at genkende mønstre i data og finde selv meget komplekse relationer, som får AI til at virke meget smart og hurtig. Men AI er ikke bedre end det den er designet til eller de træningsdata den er trænet på.

AI er en moden teknologi. Der er et utal af open-source værktøjer og biblioteker til at bygge AI'er. Der er løsninger der er rimelig lettilgængelige og brugervenlige, men hurtigt bliver det kompliceret og kræver indsigt.

AI spiller sammen med andre systemer, databaser og landskaber – så det skal kunne indgå eller integreres i eksisterende platforme – så er man langt med sine digitale platforme, så er det nemmere at udløse potentialet.

AI arbejder med menneskelig indsigt og står på vores viden og læring udtrykt i data og strukturer. Så der hvor der er meget data og arbejdsmetoden kan konkretiseres, så kan AI trænes til at blive meget hurtig og præcis i sine forudsigelser. Når der er mange edge cases og des mindre konkret processen er, des mere er der brug for trænings- og kontroldata med høj repræsentation og præcision.

Der er etiske og forretningsmæssige implikationer, som man skal være meget opmærksom på, når man bygger AI (jobsstitution, grænsesnit og ansvar for konklusioner).



Data

Langt de fleste udfordringer med anvendelsen af AI handler om (mangel) på data og gode usecases (spørgsmål).

Er der for lidt repræsentativt data, så få man AI'er der har stor usikkerhed eller som svarer meget gennemsnitligt og forudsigeligt – så de kan bygges men giver ikke så interessante svar.

Snævre og proprietære AI'er kan bygges med mindre data og acceptable usikkerheder, da afgrænsninger skærper forudsigelsernes præcision.

Med det data vi har nu, er det svært at bygge et branchesystem, da det kræver bredt data og ensartethed i spørgsmål.

Vi har primært indsamlet information, der er forklædt som data – så det er ikke bredt og repræsentativt – og mangler ofte kontekst – men det er også indsamlet til at være information, som skal deles mellem mennesker med indsigt og ikke som data til analyse og prognosemodeller.

Vi kender ikke kvaliteten og usikkerheden af indsamlet data – facts, observeret, målt, gættet, estimeret.

Der er et utal af systemer, standarder (bips, sfb etc.) og strukturer som data og AI skal passe ind i – som også kun er delvist respekteret i branchen.

Data og AI skal understøtte de praktiske processer der vedrører registrering og kommunikation i forbindelse med drift og vedligehold for at være relevant .

Vi har ofte meget mere input end output data – hvilket gør træning af AI svær. Vi har f.eks. brug for både planer, budgetter og opfølgning på disse samt skiftet i kvalitetsniveauer for at kunne lave avanceret scenarie analyse.

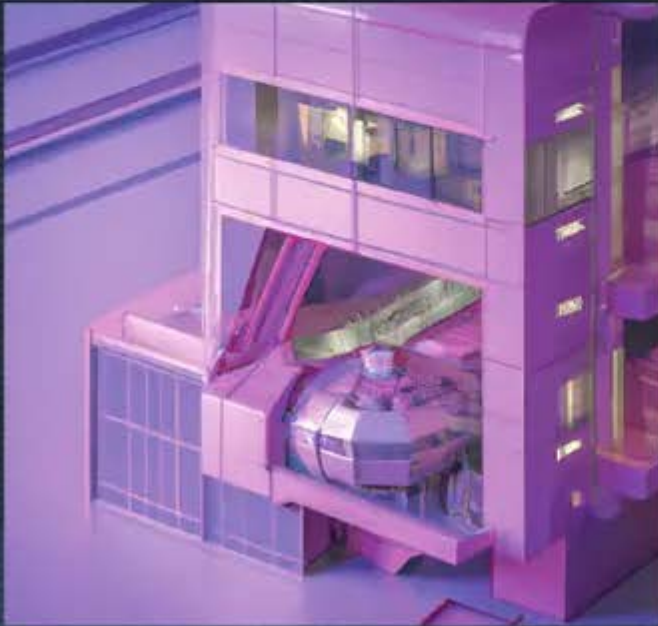
Data i dag er ikke indsamlet og gjort tilgængeligt med AI for øje. Men udvikling af AI og indsamling af mere og bedre data kan med fordel gå hånd i hånd.

{04.2: 'Smartere drift og vedligehold i fremtiden' });

Forestil dig at bo i en lejlighed i et boligbyggeri i København – det gør du måske allerede, og det du forestiller dig, ser måske ikke så anderledes ud på overfladen end det du er vant til eller kender fra gadebilledet. Og på ydersiden, der er det måske ikke til at se, men den bygning du forestiller dig, er fuldkommen autonom og benytter sig af AI til at styre alle handlinger lige fra energiforbrug og opvarmning, køling og ventilation til vedligeholdelse og reparation af sine systemer på den mest effektive og bæredygtige måde. Bygningen er udstyret med sensorer, kameraer og andre teknologier, der konstant overvåger dens systemer og drift, opdager eventuelle problemer og udfører den nødvendige vedligeholdelse og reparationer for at holde bygningen kørende. Den benytter sig af predictive analytics, deep reinforcement learning og et utal af andre områder inden for AI som endnu ikke er opfundet eller udviklet. Bygningen kan lære af sit miljø, tilpasse sig skiftende omstændigheder og træffe beslutninger baseret på en kombination af dets egne erfaringer og mål. Den benytter sig artificial general intelligence til at lære, at forstå dine behov afhængigt af dine planer og dit humør og den... eller hvad – måske lidt for langt ude i fremtiden?

Okay, hvis vi kigger på den nærmeste fremtid inden for brugen af AI i forbindelse med drift og vedligehold, så kan vi i den nærmeste fremtid forvente, at AI vil modnes og blive en mere udbredt teknologi i branchen med øget anvendelse blandt aktører på tværs af branchen. En af de vigtigste drivkræfter for dette kan lade sig gøre, er de store mængder af kvalitetsdata, der skal indsamles, så der kan opnås en mere effektiv brug af AI, især inden for planlægning og forudsigelser af levetid, vedligehold og udgifter relateret til bygningsdrift. Med AI kan der opnås en mere proaktiv og præcis tilgang til drift og vedligehold med stor datadrevet beslutningsstøtte.

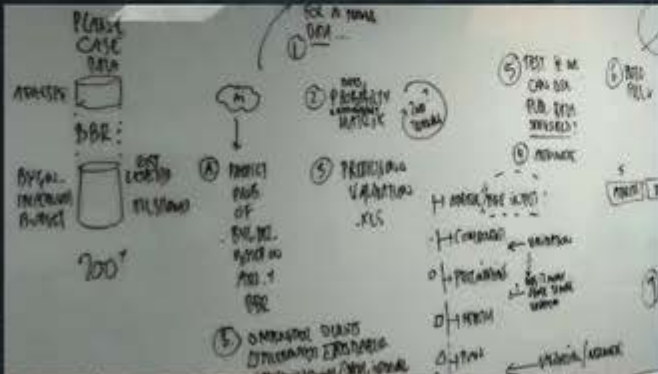
I takt med at industrien fortsat modnes på de digitale plan og kompetencer udvikles, er det vigtigt, at overvejelser om datakvalitet og etiske spørgsmål tages i betragtning for at sikre, at AI's fulde potentiale realiseres på en ansvarlig og bæredygtig måde. Lykkedes dette kan AI fremadrettet automatisere rutineprægede opgaver, benytte data i realtid, og analysere data for at identificere mønstre og lave forudsigelser på mange områder, inklusiv dem der er arbejdet med i projektet Smart Vedligehold.



Open AI - Dall E: En billedegenererings-AI's bud på en fuldt automatiseret futuristisk bygning

Smart Vedligehold

{04.4:
'Projektet i tal og billeder'
};



Igennem projektet har vi internt arbejdet med cases og eksperimenter indenfor droner, data og kunstig intelligens, og har tilsammen lavet 8 proof of concept (PoC) på konkrete løsninger. Projektarbejdet har involveret samtlige projektpartnere, og har primært bestået af en række sideløbende sprints inden for hver PoC samt faste månedlige koordineringsmøder. I løbet af projektet er der holdt mere end 20 eksterne events i form af møder med branchen, workshops og afslutningskonferencen for projektet d. 21. februar 2023.

Involvering af branchen har været et vigtigt succeskriterie gennem hele projektet. Både for at validere cases og udvikle ideer i projektet, men også for at dele vores læring og erfaring

med branchen løbende gennem projektet. På den måde håber vi, at projektet har været med til at klæde branchen på, til at se nye muligheder inden for drift og vedligehold og at arbejde mere struktureret med data og teknologi såsom droner og kunstig intelligens.

```
import requests
import pandas as pd
from bs4 import BeautifulSoup

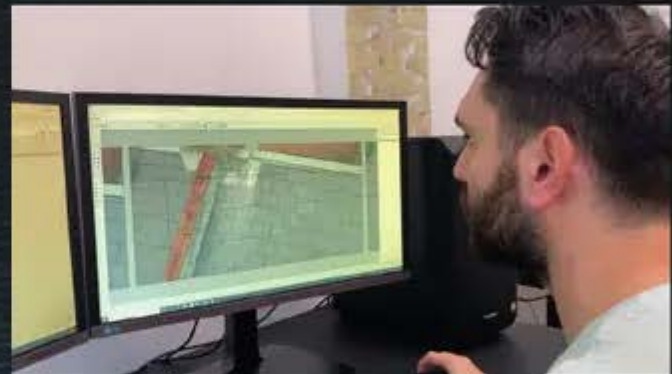
# Load excel file with addresses
df = pd.read_excel("addresses.xlsx")

# Loop through all addresses in excel file
for index, row in df.iterrows():
    address = row['Address']

    # HTTP search for each address
    search_url = "https://www.dk/sage?q=" + address
    search_response = requests.get(search_url)
    search_soup = BeautifulSoup(search_response.content, "html.parser")
    search_result = search_soup.find("a", class_="property_link")

    if search_result:
        # This address is relevant, it link to building information
        property_url = "https://www.dk" + search_result["href"]
        property_response = requests.get(property_url)
        property_soup = BeautifulSoup(property_response.content, "html.parser")

        # Find relevant building type
        type_html = property_soup.find("div", class_="property_type")
```




```
{04.5:  
'Tak til deltagerne'  
});
```

Erfaringer, resultater og konklusioner fra projektet er opnået i tæt sammenspil med branchen, der gennem hele projektperiode har udvist stor interesse og opbakning. Derfor skal der lyde en stor tak til virksomheder, organisationer og institutioner der på den ene eller den anden måde har deltaget i projektet eller på anden måde bidraget. Her er et lille udpluk af alle dem der har givet indblik, sparring eller feedback og deltaget i workshops gennem hele projektet.

```

var contributors = [
  "Aalborg Kommune",
  "Aarhus Kommunes Ejendomme",
  "Ajour",
  "ATP",
  "Boligforeningen AAB",
  "By & Havn",
  "Bygnings- og Boligregisteret (BBR)",
  "CEA Administration",
  "CirBu",
  "DAB",
  "DANBAN",
  "Dansk Industri",
  "DEAS",
  "Ejendom.com",
  "Eseebase",
  "FFB Frederiksberg
Forenede Boligselskaber",
  "Forenede Service Ejendomsdrift",
  "FSB",
  "Hillerød Kommune",
  "Hørsholm Kommune",
  "IBM Maximo",
  "ISS",
  "Jeudan",
  "K-Jacobsen",
  "KAB",
  "Københavns Ejendomme & Indkøb",
  "Københavns Kommune",
  "Københavns Universitet",
  "Kommunernes Landforening",
  "Landsbyggefonden",
  "LB Forsikring",
  "LIVSVÆRK",
  "Moe",
  "Molio",
  "Noun",
  "NTI",
  "PensionDanmark",
  "Peter Jahn & Partnere",
  "Proper",
  "SCHØDT",
  "Siemens",
  "Sund & Bælt",
  "Sweco",
  "Teknologisk Institut",
  "Unit4",
  "Videnscenter for Håndværk
og Bæredygtighed",
  "Witrics",
  "Woodsense"
];

```

094

095

096

097

098

099

100

101