



CHALMERS

Utvärdering av AI-integrering i åskskyddsdesign

Utvärdering av artificiell intelligens vid stöd för ingenjörsmässig design inom åskskyddssystem

Examensarbete inom Elektroteknik

OSKAR KLINGSTRÖM
IVAR SVAHN

ELEKTROTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2026

Utvärdering av AI-integrering i åskskyddsdesign

Utvärdering av artificiell intelligens vid stöd för ingenjörsmässig design inom åskskyddssystem

Oskar Klingström, Ivar Svahn



CHALMERS

Institutionen för Elektroteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026

Utvärdering av AI-integrering i åskskyddsdesign
Utvärdering av artificiell intelligens vid stöd för ingenjörsmässig design inom åsk-
skyddssystem
Oskar Klingström, Ivar Svahn

© Oskar Klingström, Ivar Svahn, 2026.

Handledare: Elsa Arlebäck, WSP Sverige
Examinator: Thomas Hammarström, Elektroteknik

Examensarbete inom Elektroteknik 2026
Institutionen för elektroteknik

Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg

Typsatt L^AT_EX
Tryckt av Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2026

Utvärdering av AI-integrering i åskskyddsdesign
Utvärdering av artificiell intelligens vid stöd för ingenjörsmässig design inom åskskyddssystem
OSKAR KLINGSTRÖM, IVAR SVAHN
Institutionen för elektroteknik
Chalmers Tekniska Högskola

Sammanfattning

På uppdrag av WSP syftar detta arbete till att analysera hur AI-baserade verktyg kan användas för att effektivisera och kvalitetssäkra åskskyddsdesign. Studien undersöker särskilt hur AI kan fungera som beslutsstöd, vilka delar av projekteringsprocessen som lämpar sig för AI-stöd samt hur tekniken förhåller sig till relevanta standarder.

Arbetet har genomförts i tre steg: en litteraturstudie av standarder, främst SS-EN 62305, en processkartläggning av nuvarande arbetsmetoder inom organisationen samt utveckling och utvärdering av AI-agenter i Copilot Studio. AI-agenterna utvecklades iterativt och utformades för att identifiera parametrar, strukturera indata samt samverka med externa beräkningsverktyg i Excel.

Resultaten visar att AI kan stödja flera delar av åskskyddsdesign, särskilt inom riskbedömning, indatahantering och dokumentation. Jämförelser med tidigare projekt visar att AI-agenten kan uppnå resultat med motsvarande noggrannhet som traditionella metoder, både vid riskbedömning och tekniska beräkningar. Vidare indikerar resultaten att en AI-integrerad arbetsprocess kan minska manuella moment och därmed effektivisera arbetet.

Samtidigt visar studien att AI bör användas som ett beslutsstöd och att mänsklig kontroll är nödvändig, särskilt vid säkerhetskritiska tillämpningar. Arbetet demonstrerar därmed den tekniska genomförbarheten för AI inom åskskyddsdesign, men vidare utveckling krävs innan fullskalig implementering är möjlig.

Abstract

This study, conducted on behalf of WSP, aims to analyze how AI-based tools can be used to improve efficiency and ensure quality in lightning protection design. The study specifically investigates how AI can function as decision support, which parts of the design process are most suitable for AI assistance, and how the technology relates to relevant standards.

The work was carried out in three main stages: a literature study of standards, primarily SS-EN 62305, a process mapping of current workflows within the organization, and the development and evaluation of AI agents using Copilot Studio. The AI agents were developed iteratively and designed to identify parameters, structure input data, and interact with external calculation tools in Excel.

The results show that AI can support several aspects of lightning protection design, particularly in risk assessment, data collection, and documentation. Comparisons with previous projects demonstrate that the AI agent can achieve results with accuracy comparable to traditional methods, both in risk assessment and technical calculations. Furthermore, the findings indicate that an AI-integrated workflow can reduce manual steps and thereby improve efficiency.

At the same time, the study highlights that AI should be used as a decision support tool and that human oversight remains essential, especially in safety-critical applications. The work therefore demonstrates the technical feasibility of AI in lightning protection design, while further development is required before full-scale implementation can be realized.

Nyckelord: Artificial Intelligence (AI), Generative AI, Microsoft Copilot, Decision Support, Human–AI Interaction, Information Management.

Förord

Detta arbete har genomförts som en del av ett examensarbete på uppdrag av WSP, med fokus på att undersöka hur AI-baserade verktyg kan användas inom åskskyddsdesign. Arbetet har gett värdefulla insikter i både tekniska möjligheter och praktiska utmaningar kopplade till implementering av AI i ingenjörsarbete.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Elsa Arlebäck på WSP för värdefull vägledning och stöd under arbetets gång. Vi vill även tacka vår akademiska handledare och examinator Thomas Hammarström för konstruktiv feedback och hjälp med att utveckla arbetet.

Slutligen vill vi tacka alla medarbetare på WSP som bidragit med kunskap och insikter genom intervjuer och diskussioner.

Oskar Klingström
Ivar Svahn
Göteborg, Maj 2026

Beteckningar

Nedan listas förkortningar, i alfabetisk ordning, som används i rapporten:

AI	Artificial Intelligence
LLM	Large language model
LPS	Lightning Protection System
LPL	Lightning Protection Level
SPD	Surge Protection Device
SPM	Surge Protection Measures

Innehåll

List of Acronyms	vii
Figurer	x
Tabeller	xi
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Åskskydd och standarder	3
2.1.1 Standarder	3
2.2 Riskbedömning	4
2.2.1 Risker för åskskydd	4
2.3 Skydd av byggnader	5
2.3.1 Extern LPS och takledarsystem	5
2.3.2 Intern LPS och skyddsåtgärder	6
2.3.3 Skiljeavstånd	7
2.4 AI	7
2.4.1 AI agenter	8
2.4.2 Microsoft Copilot	8
2.4.2.1 Copilot Studio	9
3 Metod	10
3.1 Förstudie och förberedelse	10
3.2 Processkartläggning	10
3.3 AI-Agenter	10
4 Genomförande	12
4.1 Byggande av AI-agent	12
4.1.1 Initial utveckling av AI-agenter	12
4.1.2 Avancerad utveckling av AI-agenter	13
4.1.2.1 Mål och övergripande arkitektur	13
4.1.2.2 Automatisering av Excel-baserad beräkningsprocess	13
4.1.2.3 Integration via Copilot Studio	13

4.1.2.4	Automatiserad parameterinsamling samt infogning till Excel	14
4.1.2.5	Automatisering av dimensionering och rapportgenerering	15
4.2	Test och validering	16
5	Nuvarande arbetssätt	17
5.1	Översikt av processen	17
5.2	Riskbedömning	17
5.3	Dimensionering	19
5.4	Begränsningar i nuvarande metod	19
6	Resultat	20
6.1	AI-baserad riskbedömning	20
6.1.1	Sammanfattande resultat av riskbedömning	21
6.2	Automatisering av Excel-beräkningar och indata	22
6.3	AI-integrering inom dimensioneringen	23
6.4	Jämförelse mellan AI-agent och tidigare projekt	25
6.4.1	Riskbedömning	25
6.4.2	Beräkning av skiljeavstånd	29
6.5	Resultaterande hypotetisk arbetskedja med AI integrering	30
7	Analys och diskussion	33
7.1	AI-baserad riskbedömning	33
7.2	AI-baserad dimensionering	33
7.3	Noggrannhet och tillförlitlighet	34
7.3.1	Tillförlitlighet kopplat till avancerad agent	34
7.3.2	Datahantering	34
7.3.3	Transparens och reproducerbarhet	35
7.4	Effektivitet	35
7.4.1	Riskbedömning	35
7.4.2	Dimensionering	36
7.5	Begränsningar	36
7.6	Ingenjörsetik	37
8	Slutsats	38
8.1	Framtida arbete	38
	Bibliography	40
A	Flödesscheman för automatisering av Excel-fil	I
B	Parameterinsamling	V
C	Rapportmallar och genererat resultat	VIII
D	Konversation med AI-agent	IX

Figurer

2.1	a) metoden med rullande klot, b) metoden med skyddsvinkel, c) metoden för masknät (Hämtad från SEK handbok 452 utg 1) [1].	6
4.1	Prompt för att extrahera indata från dokument	14
4.2	Prompt för beräkning av skiljeavstånd enligt ekvation (2.2)	15
5.1	Exempel riskberäkning (Hämtad från SEK Handbok 452 utg 1) [1].	18
6.1	Resultaterande utdata efter AI-modellens bearbetning	22
6.2	Uppdaterade dimensioner efter agent-flödet initierats	23
6.3	Resultaterande värden efter agent-flöde initierats	23
6.4	Konversation för att beräkna skiljeavstånd	24
6.5	Resultat för beräkning av skiljeavstånd	24
6.6	Beräkning av rutnätsdimensioner	25
6.7	Resultat av riskbedömning med SEK Svensk Elstandards Excel-fil (Hämtad från WSP)	27
6.8	Skiljeavstånd i luft	30
6.9	Skiljeavstånd i betong, tegel, trä	30
6.10	Traditionell och AI-integrerad arbetsprocess presenterade vertikalt.	32
A.1	Flödesschema för att extrahera indata från dokument	I
A.2	Flödesschema för AI-agentens datainsamling	II
A.3	Flödesschema för Agent Flow och Excel-scriptinitiering	III
A.4	Kunskapsbank för initial agent	III
A.5	Kunskapsbank för avancerad agent	IV
B.1	Data för en byggnad från tidigare projekt	V
B.2	Flödesschema för insamling av parameter K_i	VI
B.3	Flödesschema för insamling av parameter K_m	VII
C.1	Rapportmall för agent	VIII
C.2	Exempel på färdig rapport	VIII
D.1	Påbörjad konversation med AI-agent	IX
D.2	Första resultat från AI-agent	IX
D.3	Rekommenderande åtgärder	X
D.4	Slutgiltigt resultat	X

Tabeller

6.1	Indata för Fall 1 – Industribyggnad	20
6.2	Indata för Fall 2 – Villa	21
6.3	Indata för byggnad, miljö, ledning, zon och förluster	26
6.4	Sammanfattande resultat från konsult	27
6.5	Indata för beräkning av skiljeavstånd	29
6.6	Resultterande värden på skiljeavstånd	29
6.7	Resultat från Excel och AI-agent	30

1

Inledning

1.1 Bakgrund

WSP är ett globalt konsultföretag verksamt inom teknik, rådgivning och utveckling. Företaget har runt 83 000 anställda världen över och 200 000 aktiva projekt [2]. I Sverige har WSP runt 4 600 anställda fördelat på 30 olika kontor runt om i landet [3]. Inom WSP finns subsektorn “Industry and Substation“ som jobbar med elkraftslösningar mot industrisektorn.

Inom området förekommer riskbedömning och dimensionering av åskskydd vilket är en viktig del för att skydda både personer och byggnader. Åskskyddsdesign är en central del av elektriska systems driftsäkerhet och personsäkerhet. Felaktigt eller otillräckligt dimensionerat åskskydd kan leda till omfattande skador på utrustning, driftstörningar och stora kostnader. Åskskyddsprojektering är komplex och påverkas av flera parametrar, såsom geografiska förutsättningar, jordningsförhållanden, anläggningstyp och standarder [1].

AI är en växande teknik som skapar nya möjligheter att integreras i tekniska designprocesser, bland annat inom åskskyddsdesign. Genom sin förmåga att lära, resonera och bearbeta stora datamängder kan AI identifiera komplexa mönster och samband som är svåra eller tidskrävande för människor att upptäcka [4]. Inom elkraftsområdet innebär detta potential för att effektivisera projekterings- och designarbete, där AI kan användas för att analysera tekniska underlag, tidigare projekt och relevanta standarder på ett systematiskt och strukturerat sätt.

Att undersöka hur AI kan implementeras i denna process är därför relevant både ur ett tekniskt och professionellt perspektiv. AI-baserade verktyg kan potentiellt bidra till ökad effektivitet, förbättrad kvalitet och mer välgrundade beslut, men användningen väcker samtidigt frågor kring ansvar, tillförlitlighet och ingenjörsetik, särskilt i säkerhetskritiska system.

1.2 Syfte

På uppdrag av WSP är syftet att analysera hur AI-baserade verktyg kan användas för att effektivisera och kvalitetssäkra åskskyddsdesign för företaget. Denna analys/uppdrag ska leda till en sammanställning av resulterande svar till följande punkter:

- På vilka sätt kan AI-baserade verktyg användas som beslutsstöd i åskskyddsdesign, och vilka delar av projekteringsprocessen är mest lämpade för AI-stöd?
- I vilken utsträckning kan AI bidra till att effektivisera arbetstiden samt förbättra strukturering, riskidentifiering och dokumentationskvalitet jämfört med dagens arbetssätt?
- Hur väl kan AI förhålla sig till relevanta standarder och krav inom åskskyddsdesign, och vilka typer av fel eller förbisedda moment kan tekniken potentiellt minska?

1.3 Avgränsningar

Projektet avgränsas till att analysera användningen av AI som beslutsstöd i åskskyddsdesign inom konsultverksamhet i elkraftsbranschen. Arbetet omfattar utveckling och utvärdering av utvalda delmoment i arbetsprocessen med hjälp av en AI-agent, i syfte att fungera som ett *proof of concept* (PoC) för metodens potential. Projektet kommer inte behandla utveckling eller implementering av ett färdigt AI-system, detaljerad dimensionering av specifika anläggningar eller praktiska tester i fält. Fortsättningsvis kommer projektet endast behandla utvalda standarder och offentligt tillgängligt material, samt lägga fokus på projekteringsfasen snarare än drift och underhåll.

2

Teori

Detta kapitel ger en överblick och förklaring av de koncept som är väsentliga för en korrekt förståelse av rapportens innehåll. Teorierna förklaras i mindre detaljer för att främja bredare förståelse. För en mer teknisk och detaljerad förklaring rekommenderar vi att studera de citerade källorna.

2.1 Åskskydd och standarder

2.1.1 Standarder

Inom åskskydd finns ett flertal olika standarder som ska följas för att säkerställa ett korrekt skydd. För att förstå och tillämpa principer och tillvägagångssätt inom åskskydd finns åskskyddsstandarderna som beskrivs i SS-EN 62305-serien. Serien är en svensk version av den internationella standarden IEC 62305 framtagen av SEK Svensk Elstandard. Inom serien finns det 4 olika versioner som är anpassade för följande delar:

- SS-EN 62305-1 Allmänt
- SS-EN 62305-2 Riskhantering
- SS-EN 62305-3 Skydd mot skador på byggnader och personer
- SS-EN 62305-4 Skydd av elektriska och elektroniska system i byggnader

Som tidigare nämnts är den första delen av standarden bestående av generella principer att följa för skydd av byggnader från blixtnedslag, inkluderat elektriska installationer, så väl som människor [5]. Standarden behandlar inte skydd av järnvägssystem, fordon, etc.

Den andra delen SS-EN 62305-2 hanterar de åtaganden som behöver göras för en grundlig riskhantering vid design och projektering av åskskydd. Syftet är att tillhandahålla en mall för att göra en riskbedömning för en byggnad vid eventuellt blixtnedslag [6].

SS-EN 62305-3 beskriver de skydd för att förhindra skador i och runtom byggnader, samt skydd mot skador mot personer. Det huvudsakliga och effektivaste skyddet för byggnader mot skador är åskskyddssystem *Lightning Protection System* (LPS). Dessa skydd består av både externa och interna system. Syftet med ett externt LPS är att avleda blixtnedslag från byggnaden, leda strömmen säkert till jord samt fördela

den i marken [1]. Interna LPS syftar till att förhindra farliga gnistbildningar inom byggnadens struktur genom potentialutjämning eller separationsavstånd mellan de externa delarna av LPS och andra elektriskt ledande delar inuti byggnaden [7].

Den sista delen i standardserien SS-EN 62305-4 behandlar utformning, installation, inspektion samt underhåll och provning av skydd för elektriska och elektroniska system, så kallat *Surge Protection Measures* (SPM). Syftet är att minska risken för permanenta skador orsakade av blixtnedslag [8]. Standarden omfattar dock inte detaljerad konstruktion eller dimensionering av de elektriska systemen i sig.

2.2 Riskbedömning

Initialt i designprocessen för åskskydd ska en omfattande riskbedömning genomföras. Denna ligger till grund för att identifiera och definiera de tekniska skyddsåtgärder som är nödvändiga för den berörda strukturen. En Excel-fil framtagen av SEK Svensk Elstandard används tillsammans med SS-EN 62305-2 för att ta fram rätt typ av skydd för byggnaden [1].

Sambandet som utnyttjas för att formulera riskbedömningen [6]

$$R = N \times P \times L \quad (2.1)$$

R = Risk

N = Farliga händelser i form av åsknedslag

P = Sannolikheten att farliga händelsen kan drabba anläggningen

L = Förlust som kan hända om anläggningen skulle drabbas av en farlig händelse

Värdet som erhålls från sambandet används sedan för att göra riskbedömningen. Detta görs genom att jämföra det beräknade värdet på " R " med ett standardiserat tolererbart värde kallat " R_T ". I fallet att den beräknade risken " R " skulle vara av ett större värde än " R_T ", görs bedömningen att anläggningen behöver ett skydd [6].

2.2.1 Risker för åskskydd

De utvärderade riskerna baseras på de principer som beskrivs i standarden SS-EN 62305-2 och innefattar följande riskkomponenter:

- $R1$ Risk för förlust av människoliv
- $R2$ Risk för förlust av service till samhället
- $R3$ Risk för förlust av kulturella värden
- $R4$ Risk för förlust av ekonomiska värden

$R1$ bestäms genom ett maximalt standardiserat värde som bestäms utifrån åskskyddsstandarderna [6]. $R2$ - $R4$, bestäms och tillämpas utifrån aktuella parametrar för byggnaden.

2.3 Skydd av byggnader

2.3.1 Extern LPS och takledarsystem

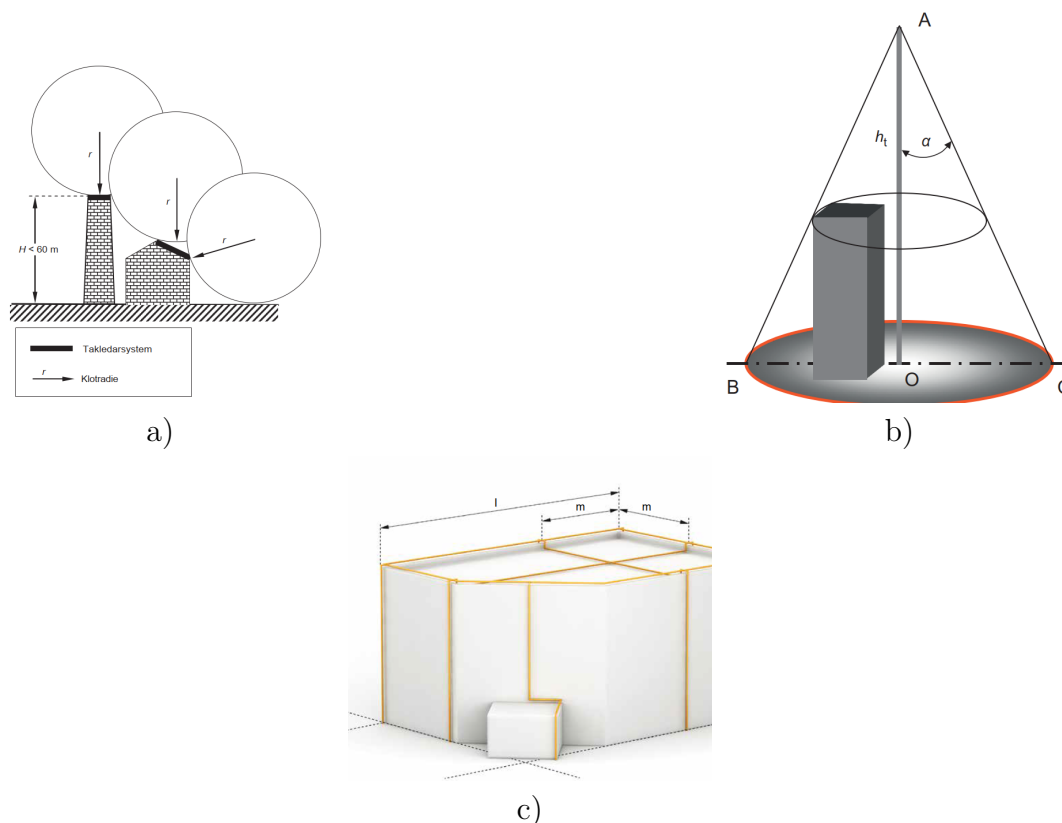
Den externa åskskyddsdesignen har som syfte att fånga upp blixtrar mot byggnaden från olika håll och sedan leda denna energi från nedslagspunkten till jord. Systemet ska vara uppbyggt för att leda denna energin till jord utan att riskera värme eller mekaniska skador som kan leda till brand [1].

Vid utformning av det externa åskskyddet beaktas ofta byggnadens ledande delar. Dessa utgörs av permanenta byggdelar, såsom armering och metalliska konstruktionsdelar, som är avsedda att inte förändras över tid. Anledningen till att dessa beaktas är att de, under förutsättning att vissa krav uppfylls, kan integreras som en del av åskskyddssystemet [1].

Takledarsystemet utgörs av ett system uppbyggt av komponenter såsom uppfångare, bärlinor och maskade ledarnät. Att inkludera och sammankoppla ett sådant system bidrar till en avsevärd förminskning av risken att byggnaden ska skadas av blixtrömmen [1].

Systemets komponenter ska i huvudsak placeras i hörn och utstickande kanter, och utformas med hänsyn till en eller flera av de metoder som anges nedan [1],[7]:

- A. Metoden med rullande klot bygger på att ett klot med radien r , fastställd utifrån vald åskskyddsklass, förs över byggnaden. De områden där klotet inte fångas upp av LPS identifierar var takledarsystem behöver installeras [1],[7].
- B. Metoden med skyddsvinkel bygger på den första men med brantare vinkel där exempelvis en uppfångare får en kon runt sig och därmed skyddar allt inom det området [1],[7].
- C. Metoden för masknät används om plana ytor finns där syftet är att fördela blixtrömmen så att strömmen fördelas på ett säkert sätt. Masknätets storlek och avstånd mellan nedledare grundas från vald åskskyddsklass och utformas med hänsyn till standard SS-EN 62305 [1],[7].



Figur 2.1: a) metoden med rullande klot, b) metoden med skyddsvinkel, c) metoden för masknät (Hämtad från SEK handbok 452 utg 1) [1].

Takledarsystemet kompletteras även med nedledare vars syfte är att minska risken för skador från blixtrömmen. Nedledarna installeras med hänsyn till följande: att det ska finnas flera parallella vägar för strömmen, att strömmens väg till jord ska vara så kort som möjligt och att åskskyddspotentialutjämning av ledande delar i byggnaden ska utföras. Antalet och placeringen av nedledare har en direkt påverkan på skiljeavståndet, vilket beskrivs närmare senare i rapporten [1],[7].

2.3.2 Intern LPS och skyddsåtgärder

Som tidigare nämnts finns det både externa och interna LPS. Det interna åskskyddssystemet har i syfte att skydda byggnaden genom att förhindra att farliga gnistor bildas av den blixtröm som passerar genom det externa åskskyddssystemet eller genom ledande delar i byggnaden. Mellan det externa åskskyddssystemet och andra delar av byggnaden kan gnistor bildas. Dessa delar inkluderar installationer i metall, interna ledningssystem, externa ledande delar och ledningar anslutna till byggnaden, etc. En sådan potentiell risk kan undvikas genom åskskyddspotentialutjämning eller elektrisk isolering av olika delar [1].

För att uppnå åskskyddspotentialutjämning sammankopplas åskskyddssystemet med byggnadens metallinstallationer samt inkommande ledande delar i byggnaden, såsom el-, tele- och andra försörjningsledningar. Detta medför att särskild hänsyn tas till

skyddsåtgärder. Sammankopplingen mellan de olika elektriskt ledande delarna kan göras genom en åskskyddspotentialutjämnare, överspänningsskydd eller gnistgap [1].

För att undvika att farliga gnistor bildas så kan isolerande material användas. Det elektriskt isolerande materialet placeras mellan takledare eller nedledare och byggnadens metalliska delar. För att genomföra en korrekt och effektiv isolation beräknar man skiljeavståndet som beskrivs i avsnitt 2.3.3 [1].

2.3.3 Skiljeavstånd

Elektrisk isolation mellan takledare and nedledaren och byggnadens metalliska delar, kan uppnås genom att beräkna ett så kallat skiljeavstånd [1], s. Skiljeavståndet beräknas med följande formel

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l(m) \quad (2.2)$$

- k_i beror på vilken typ av klass (LPS-klass).
- k_m beror på isoleringsmaterialet.
- k_c beror på de ström som flyter genom takledaren eller nedledaren.
- l är avståndet, i meter, från den punkt där skiljeavståndet beräknas till närmaste punkt där åskskyddssystemet är anslutet till jord, mätt längs takledare eller nedledare [1].

En förenklad metod kan användas om tre eller fler nedledare finns där skiljeavståndet beror på skyddsniån på LPS-klassen samt vilken typ av isolation det är på det externa åskskyddssystemet [1].

2.4 AI

Artificiell intelligens eller AI är ett övergripande begrepp som beskriver datorers förmåga att kunna utföra diverse uppgifter som vanligtvis kräver mänsklig intelligens. Detta innebär att mänskliga kognitiva funktioner som lärande, beslutsfattande, problemlösning och resonemang kan efterliknas av datorer och algoritmer [9] [10]. Dessa förmågor kan i sin tur möjliggöra att AI kan utföra uppgifter som att analysera data, anpassas till nya situationer och i med detta agera intelligent [11] [12]. AI medför även möjligheter för att kunna automatisera enkla och komplexa uppgifter där detta oftast kan färdigställas mer effektivt och med högre precision än en människa [12].

Praktiska tillämpningar för AI i dagsläget inkluderar bland annat dataanalys och beslutsfattande samt generativ AI. Inom dataanalys och beslutsfattande kan AI användas som verktyg för att bearbeta stora mängder data och med detta fatta beslut grundade i analyser. Fortsättningsvis, genom generativ AI kan kreativitet uppnås som möjliggör generation av text, bilder eller musik [13] [10].

2.4.1 AI agenter

AI agenter är autonoma mjukvaror som är designade för att utföra uppgifter, ta beslut och åtgärder där dessa grundas från tidigare definierade objektiv och data input. Dessa agenter har egenskaper som att kunna lära sig, adaptera sig och ta initiativ. De konstrueras genom användning av avancerade algoritmer som exempelvis förstärkningsinlärning och stora språkmodeller (LLM) [14][15][16].

I dagens läge har tekniken helt eller delvis kunnat integreras i ett flertal branscher som exempelvis sjukvård, finans och utbildning. I dessa tillämpningar har agenten tagit roller som medför optimering och att automatisera uppgifts-lösning och viktiga beslutsfattanden [15][17]. Inom exempelvis sjukvården har AI agenter bland annat implementerats för att underlätta kliniska beslut samt automatisering av administrativa arbetsflöden [18]. Vidare har tekniken underlättat i vissa utbildningsområden där AI-agenten stödjer elever och lärare genom automatiserad betygsättning och innehållsgenerering samt personlig handledning och mentorskap [19][20].

2.4.2 Microsoft Copilot

Microsoft Copilot är en konversationsbaserad AI-assistent som har utvecklats i samarbete med OpenAI. Den är avsedd att höja produktiviteten och effektivisera arbetsflöden genom sammanhangsanpassat stöd, automatisering av rutinuppgifter och analys av data [21].

Copilot erbjuder ett brett utbud av AI-assisterad kapacitet för att optimera arbetsflöden och förbättra produktiviteten. Nedan följer en lista om hur Microsoft själva menar att en Copilot hjälper människor [21]

- **Öka produktiviteten.** Slutför uppgifter snabbare med intelligenta förslag från Copilot, vilket gör det effektivare att skapa innehåll, analysera data och kommunicera.
- **Förenkla automatiseringen.** En Copilot kan automatisera repetitiva uppgifter, ingen kodning krävs.
- **Tillhandahålla sammanhangsberoende intelligens.** AI-förslag hjälper dig att fatta snabbare och mer välgrundade beslut.

Copilot kan användas till att skapa dokument i form av rapporter, presentationer och e-postmeddelanden genom egen generering av innehåll samt redigeringsförslag för att få en mer personlig slutversion. Det går även att använda Copilot till att analysera datatrender, generera formler och skapa visualiseringar för att förenkla beslutsfattande. Vid olika projekt kan Copilot användas till att spåra uppgifter och scheman för ett enklare projektgång. Det går även att spela in möten, göra anteckningar och skapa åtgärdsobjekt baserat på konversationer i samtal på teams [21].

2.4.2.1 Copilot Studio

Microsoft Copilot Studio en plattform för utveckling och hantering av specialdesig-nade AI-agenter. Agenterna kan kopplas till relevanta applikationer inom jobbet för att göra arbetet mer automatiserat och enkelt. De kan även delas och publiceras mellan olika team inom företaget [22].

Copilot Studios arkitektur består utav att Copilot Studio agerar applikationslager ovanför en befintlig språkmodell (LLM). Dessa modeller har olika styrkor och kan därför lätt ändras då agenten kan uppnå bättre prestanda med en modell anpassad för agentens tänkta syfte. Modellerna som är tillgängliga att kan exempelvis inklude-ra Open AIs GPT modeller. Sättet denna arkitektur fungerar är att språkmodellen agerar motorn för resonemang och beräkningar där Copilot Studio istället står för den styrlogik och gränssnitt som används för praktisk tillämpning [23] [24].

Det finns följande användningsområden för agenterna: utveckla konversationsfunk-tioner, skapa autonoma funktioner, användning av färdiga agenter och mallar, samt utformning av agenter med röststyrning [22].

Konversationsfunktioner kan svara på promptar med anpassat naturligt språk i ett konversationsflöde. Där kan de svara på frågor, vägleda arbetsflöden eller utföra uppgifter med affärsdata. Autonoma funktioner är agenter som är utvecklade till att självständigt hantera uppgifter eller affärsprocesser där de kan planera, lära sig och eskalera arbetsuppgifter vid behov. Det finns även färdiga mallar som kan anpassas efter specifika affärsbehov. Agenter med röststyrning kan användas till att skapa röst- och telefonbaserade samtal för en snabbare hjälp till kunder vilket frigör tid för kundtjänstpersonal [22].

3

Metod

Arbetet genomfördes i tre huvudsakliga steg för att skapa en grund för att identifiera vilka delar av åskskyddsdesign som är möjliga att automatisera, samt att undersöka hur AI kan stödja ingenjörens beslutsfattande. De tre huvudsakliga stegen är följande: en litteraturstudie, en processkartläggning och utvärdering av AI-agenter.

3.1 Förstudie och förberedelse

Det första praktiska steget i projektet innan start av initial utveckling var att skapa en genomgående och god förståelse för alla aspekter som arbete med åskskydd innefattar samt förstå och lokalisera potentiella tillämpningsområden för AI integrering. Detta satte grunden utifrån fortsatt arbete gällande val av teknik samt inriktning valdes.

Förstudien började med att studera och lokalisera relevanta standarder och dokumentation kopplat till åskskydd. Detta inkluderade tekniskt dokumentation berörande riskanalys och efterarbetet i form av själva dimensioneringen, men även artiklar som berörde artificiell intelligens samt AI agenter.

3.2 Processkartläggning

Parallellt med litteraturstudien genomfördes en processkartläggning inom organisationen. Med dialoger och intervjuer med relevant personal på WSP identifierades vilka moment i den nuvarande processen som upplevs som mest tidskrävande, komplexa, eller känsliga för mänskliga fel. Informationen användes för att rikta utvecklingen av AI-verktygen mot de delar av processen där effektiviseringspotentialen bedömdes vara störst.

3.3 AI-Agenter

För att möjliggöra automatiseringen enligt de identifierade behoven användes Copilot Studio som plattform för att utveckla AI-agenter. Valet av plattform grundade sig i att det var detta verktyg WSP hade tillgång till och kunde tillhandahålla under projektet. Copilot Studio bedömdes därför vara det mest praktiskt genomförbara alternativet, samtidigt som plattformen erbjuder tillräcklig funktionalitet för att skapa, konfigurera och testa AI-baserade arbetsflöden.

Till en början skapades agenter med mindre och enklare uppgifter för att bilda en stabil grund för vidareutveckling. Dessa agenter syften var begränsade och inkluderade i helhet att beakta infogade standarder och genom dessa avgöra åskskyddsklass och rekommendationer. Dessa enklare agenter skulle även kunna agera experter inom området, och inneha egenskaper som att kunna diskutera standarder och resultat samt förenkla förståelse.

De metoder som tillämpades för att möjliggöra skapandet av mer avancerade agenter följde en iterativ process där funktionaliteten stegvis utvecklades och utvärderades kontinuerligt under processen. Fokus i detta steg var att vidareutveckla de tidigare skapade agenterna i linje med mer genomgående automation och tillförlitlighet. Eftersom de mer avancerade agenterna skulle möjliggöra tillförlitliga och korrekta beräkningar valdes en metod där modellens roll begränsades till att identifiera relevanta parametrar, istället för att själv utföra beräkningarna. Dessa parametrar skulle sedan vidare infogas till en extern Excel-fil för fortsatt behandling och beräkning. Agenten skulle därefter presentera resulterande värden från Excel-filen tillbaka till användaren, samt förklara innebörden. Den logiska strukturen som AI agenten skulle följa grundades i en kombination av prompt-baserad och regelbaserad metodik.

För att möjliggöra framtida tillämpning inom åskskyddsarbete var det viktigt att AI-agenterna utformades i enlighet med de höga krav som ställs inom området. Innebörden av detta var att agenterna skulle vara så tillförlitliga som möjligt och därför speglar metoden även detta. För att kunna framkalla så säkra och tillförlitliga resultat som möjligt valdes en metod där kritiska och viktiga beräkningar utfördes externt från modellerna. Anledningen är att det fortfarande fanns viss osäkerhet gällande längre beräkningar då detta generellt inte ligger i AI modellens natur. Resultatet av detta tillvägagångssätt blir då att risken för felaktiga och förvrängda resultat drastiskt minskar.

4

Genomförande

Syftet med detta kapitel är att klargöra hur examensarbetet praktiskt genomfördes från start inom utvecklingen till färdiga funktionaliteter och agenter. Genomgående i arbetet var hur moment genomfördes stegvis och med tiden trappades upp, där enklare lösningar möjliggjorde vidare utveckling av mer avancerade.

4.1 Byggande av AI-agent

4.1.1 Initial utveckling av AI-agenter

Efter att en grund för AI-integration inom området hade etablerats inleddes utvecklingen och uppbyggnaden av de första AI-agenterna. Eftersom detta arbetssätt speglade en iterativ och stegrande metod började själva byggandet på en grundläggande och enkel nivå i syfte att lägga en grund för senare avancerad utveckling. Området som till en början skulle automatiseras var enklare processer kopplade till riskanalysen inom åskskyddet. Målen som sattes var att agenten i sin första form skulle kunna vara behjälplig med var enligt följande:

- Tyda och förklara ingående delar inom riskanalysen
- Göra uppskattningar och enklare beräkningar för riskklassificering
- Diskutera med användaren gällande specifika byggnader och komma fram till slutsatser baserat på information från standarder och indata.
- Föra tekniska resonemang kring val av lösningar.

Utvecklingen av de initiala agenterna skapades med hjälp av programmet Microsoft Copilot Studio. För att effektivt och smart bygga upp agenten från grunden samlades kunskap från YouTube och andra tidigare projekt in. Även i det förhållandevis tidiga stadiet av Copilot Studios existens, fanns många exempel och inlärningsklipp, kunde processen av att bygga den första agenten inledas utan särskilt många hinder. För att konfigurera agentens beteende, kunskap och syfte infogades en rad olika källor i form av standarder in i agentens så kallade kunskapsbank (se Figur A.4 i Bilaga A). Genom att bifoga dessa källor och parallellt en noggrann instruktion, säkerställdes att agenten endast byggde upp sina svar på ett professionellt och tillförlitligt sätt, där svar baserades gällande regelverk och riktlinjer från standarderna.

Instruktionerna som bifogades till agenten var strukturerade och i ordningsföljd där regler för agerande, roll och begränsningar klargjordes. Dessa instruktioner inklude-

rade dess uppgift, att den skulle resonera kring möjliga lösningar och göra enklare uppskattningar. Viktigt var även att infoga instruktion om att aldrig gissa ogrundat, utan att konstant hänvisa till standarderna och i fallet att detta skulle vara otillräckligt, fråga användaren om kompletterande uppgifter, exempelvis gällande befintligt skydd eller blixtnedslags statistik.

4.1.2 Avancerad utveckling av AI-agenter

4.1.2.1 Mål och övergripande arkitektur

När en grundläggande förståelse för arbetssättet gällande de initiala AI-agenterna hade uppnåtts, påbörjades arbetet med att vidareutveckla dessa prototyper längre och utföra mer avancerade automatiseringslösningar. Målet med de mer avancerade lösningarna skulle vara att effektivisera större arbetsflöden och därmed integrera ett flertal manuella arbetsprocesser i ett och samma automatiserat agentflöde.

En av de främsta och centrala delarna av utvecklingen var att de avancerade agenterna skulle ha egenskapen att automatisera den tidigare manuella Excelprocessen med koppling till riskanalysen. Detta då det som tidigare beskrivits var viktigt att lösningen inte innebar att agenten på egen hand skulle utföra större beräkningar.

4.1.2.2 Automatisering av Excel-baserad beräkningsprocess

Inledningsvis undersöktes om den befintliga Excel-filen kunde integreras, vilket skulle möjliggöra att agenten självständigt kunde mata in indata och hämta resultat. Detta gick ej att uppnå då Excel-filen från det befintliga arbetssättet var skrivskyddad och därmed inte kunde användas för den önskade integrationen. Lösningen på detta blev att skapa en ny förenklad Excel-fil i syfte att påvisa hur en automatiserad beräkningsprocess skulle kunna gå till. För att öka tillförlitligheten ytterligare skapades ett skript i Excel-filen som på egen hand utförde infogningen av indata, samt hämtade beräknat resultatet.

4.1.2.3 Integration via Copilot Studio

För att möjliggöra en koppling mellan AI-agenten och Excel-filen användes ett så kallat *verktyg* i Copilot Studio. Verktøget bestod av en logisk kedja, vilken framgår av Figur A.3 i Bilaga A, och aktiverades på begäran av agenten. När denna kedja blev aktiverat, skickade agenten insamlad indata till skriptet, och sedan bifogade resultatet från skriptets utdata till användaren.

Lösningen innebar att agenten koordinerade hela processen men att samtliga beräkningar utfördes inuti Excel-filen på ett mer tillförlitligt vis.

4.1.2.4 Automatiserad parameterinsamling samt infogning till Excel

För att ytterligare höja automatiseringsgraden bör parameterinsamlingen ske automatiserat. Detta som konsekvens av att den ursprungliga automatiseringen skulle innebära en begränsad tidsvinst eftersom användaren manuellt behövde infoga samtliga parametrar själv. För att lösa detta implementerades ett så kallat *ämne* i Copilot Studio. Utformningen på ämnet var präglad av en fördefinierad logik med ett strukturerat dialogflöde (se Figur B.2-B.3 i Bilaga B). Strukturellt var *ämnet* uppbyggt genom att användaren skulle få möjlighet att bifoga en fil kopplat till ett projekt innehållande data från byggnaden, där agenten sedan identifierar och sparar ned parametrar för vidare behandling.

För att möjliggöra automatiseringen av inmatningen av byggnadsparametrarna *längd*, *bredd* och *höjd* tillämpades en AI-modell för att extrahera dessa värden direkt från en projekt-fil. Genom detta tillvägagångssätt automatiserades parameterinsamlingen för vidare behandling i Excel-filen. Den prompt som tillämpades visas i Figur 4.1 och utgör startpunkten i det flödesschema som presenteras i Bilaga A.

Instruktioner ... | 🔗 Modell: GPT-5 chat | 🧪 Testa

Du är en AI-assistent som ska extrahera dimensioner från en byggnad baserat på information i en given fil. Dimensionerna som ska extraheras är längd (Length), bredd (Width) och höjd (Height). Dessa dimensioner ska returneras som numeriska värden och sparas i tre separata variabler.

Instruktioner:

1. Läs och analysera innehållet i den tillhandahållna filen noggrant.
2. Identifiera och extrahera byggnadens dimensioner: Length, Width och Height.
3. Säkerställ att de extraherade dimensionerna är i numeriskt format (t.ex. heltal eller decimaltal).
4. Tilldela varje dimension till en separat variabel med namnen Length, Width och Height.
5. Returnera endast dessa tre variabler med deras numeriska värden.

Riktlinjer:

- Extrahera endast de dimensioner som finns i filen.
- Om någon dimension saknas, ange det tydligt i svaret.
- Undvik att inkludera någon annan information än de tre dimensionerna.
- Dimensionerna ska vara i samma enhet som i filen, om inte annat anges.

Ange filen med byggnadsdata här:

[+ Lägg till innehåll](#) [↩ 1 input](#)

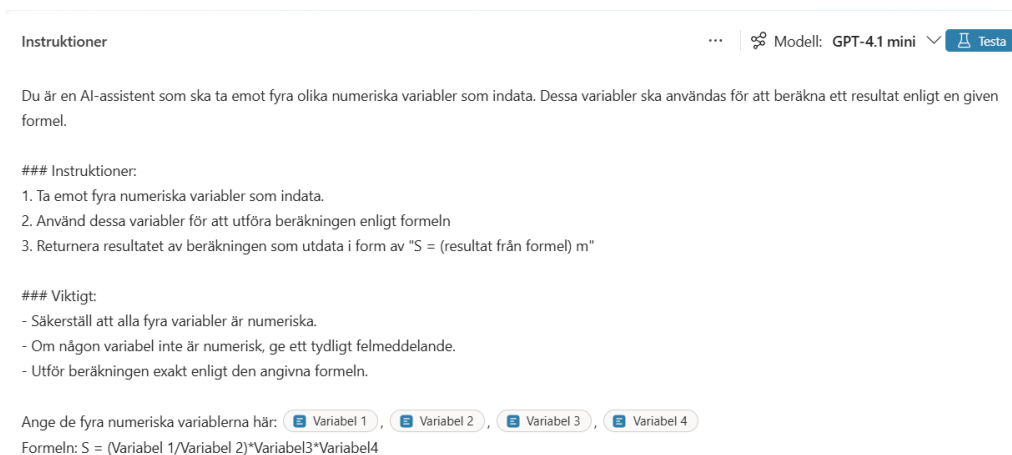
Figur 4.1: Prompt för att extrahera indata från dokument

För att agenten sedan skulle kunna överföra denna data till Excel-filen och därmed framkalla ett resultat användes ett annat delprogram i Copilot Studio som heter *Agent Flow*. Detta externa flödesschema initieras av *ämne* kedjan och tar med indata i form av parametrarna till det externa flödet. Syftet med flödet var att tillgodose att ett skript initierades i Excel online. Resultterande script (se Bilaga B och Bilaga C) hade syftet att infoga indata i korrekta celler för beräkning, och därefter föra tillbaka resulterande beräkningar till Copilot Studio och därmed användaren.

4.1.2.5 Automatisering av dimensionering och rapportgenerering

För att vidareutveckla automatisering utvecklades funktionalitet för att kunna automatisera dimensioneringsberäkningar. Ett separerat prompt-baserad *ämne* skapades i syfte att agenten stegvis skulle få tillgång till efterfrågade parametrar kopplade till skiljeavståndsberäkningar (2.2), detta ämne visas i Figur B.2-B.3 i Bilaga B. När parametrarna var uppfattade, skulle dessa infogas i en ekvation, där agenten genom en tillämpad instruktion, utför beräkning och sedan presenterade resulterande skiljeavstånd tillbaka till användaren. Sättet som detta byggdes upp på visas i Figur 4.2 där processen bygger på villkor som bestäms utifrån input från användaren.

Det aktuella *ämnet* arkitektur fungerade genom att det inmatade värdet för byggnadens tilldelade åskskyddsklass (LPS-klass) fastställer parametern K_i i ekvationen för skiljeavstånd (2.2). På ett snarlikt sätt identifieras parametern K_m baserat på byggnadens materialval. Efter denna datainsamling efterfrågas antal nedledare samt avståndet till jordningspunkten av användaren. Samtliga insamlade parametrar utgör därefter indata till ett specifikt *verktyg* för beräkning av skiljeavstånd. Agenten anropar *verktyget*, vilket i sin tur löser den ekvationen och genererar ett slutgiltigt svar med hjälp av en instruerad prompt (se Figur 6.5). Detta svar kompletteras slutligen med relevant tilläggsdata från gällande standarder.



Figur 4.2: Prompt för beräkning av skiljeavstånd enligt ekvation (2.2)

Utöver detta skapades även möjligheten att generera ett sammanfattande dokument enligt en förutbestämd mall. Detta dokument skulle kunna skapas på begäran av användaren och skapas utifrån resulterande värden från tidigare beräkningar. För att göra detta möjligt användes även här ett *verktyg*, där kedjan i verktyget tog emot resultat från tidigare beräkningar, och sedan med information från standarderna skapade en fil genom en instruerad prompt och färdig mall, vilket visas i Figur C.1 i Bilaga C. Denna filen skulle sedan kunna sparas ned i valfri mapp.

4.2 Test och validering

För att säkerställa agentens tillförlitlighet och precision genomfördes en validering och testning av de automatiserade funktionerna. I dessa tester lades största fokus på noggrannhet gällande tolkning av indata samt om beräkningar var utförda enligt standarder. Utöver detta validerades även agentens funktion gällande dokumentskapande där struktur och innehåll stod i centrum.

5

Nuvarande arbetssätt

Detta kapitel beskriver den nuvarande arbetsprocessen som används för att dimensionera och utforma åskskydd inom WSP. Fokus ligger på att ge en översikt av arbetsflödet från riskanalys till färdig projekteringslösning, samt att belysa de metoder, antaganden och verktyg som idag tillämpas i praktiken. Vidare identifieras och diskuteras centrala begränsningar i den befintliga processen, såsom tidsåtgång, beroende av manuella bedömningar och potentiella felkällor.

5.1 Översikt av processen

Den nuvarande arbetsprocessen gällande åskskydd tar sin start i att en riskanalys på den aktuella byggnaden utförs. Syftet med riskanalysen är att få en uppfattning gällande nuvarande skydd på byggnaden och om/vilket ytterligare skydd som eventuellt skulle behövas. Riskanalysen bygger grunden till hela arbetet gällande åskskyddets dimensionering. Delen tar sin start i att en fil tillhandahålls från kund. Filen beskriver viktiga parametrar som exempelvis dimensioner på byggnaden, antal personer som skall vistas där m.m. Informationen från denna filen infogas i en Excel där beräkningar och resultat gällande befintligt skydd och åskskyddsklass bestäms.

Nästkommande steg i processen är att utifrån bestämd åskskyddsklass designa och dimensionera det åskskydd som krävs för att uppfylla de specifika kraven.

5.2 Riskbedömning

Med relevanta parametrar om byggnaden och kompletterade tabellvärden från standarden använder konsulten en Excel-fil framtagen av SEK Svensk Elstandard för att få fram om vilken typ av skydd som behövs och vilken klass det bör vara för att försäkra säkerheten på plats. Indata som bygger upp bedömningen kan variera och exempelvis se ut som nedan:

- Dimensioner: Byggnaden är 90 m lång, 25 m bred och 8 m hög
- Byggnaden är belägen i en stad
- Blixtnedslags-frekvensen i närliggande område bestäms till $NG = 3$
- Två elledningar kommer in till byggnaden
- Personer i byggnaden är 320
- Timmar om året i byggnaden är 4680 h
- Brandbekämpning är manuell

- Spänningstålighet är $U_w=2$ kV
- Inkommande ledningar sträcker sig över ca 50 m

Blixtnedslags-frekvensen är uppbyggd med data hämtad från WSP egenutvecklade program Thunderstruck och presenterar statistik hämtad från SMHI om antal blixtnedslag per km^2 för åren 2012-2025. En bedömning om vilket värde som är mest rimligt för användning utförs sedan, där värdet på det år med flest antal blixtnedslag brukar användas. En ökning på ungefär 20 procent läggs till för att ta hänsyn till klimatförändringarna.

Efter att riskberäkningen utförts med Excel-filen genereras ett svar på om byggnaden uppfyller kraven för acceptabel risknivå eller inte. I figur 5.1 visas ett resultat från en exempelberäkning med avseende på förlust av människoliv. I det aktuella fallet uppfyllde byggnaden inte kraven och därmed blev slutsatsen att byggnaden behöver kompletteras med överspänningsskydd för att nå en godkänd nivå. Även detta visas i exempelfiguren 5.1 där den undre tabellen uppnår en acceptabel nivå först efter skydd integrerades.

Risk		Utan skydd							
x1E-5	RA	RU	RB	RV	RC	RM	RW	RZ	Totalt
Z1	0,00	0,00	0,95	0,59					1,54
Totalt	0,00	0,00	0,95	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54
L1 - Förlust av människoliv		R	RT	Resultat - Acceptabel risk					
Utan skydd		1,54	1,00	R>RT Mer skydd behövs!					
Risk		Med skydd							
x1E-5	RA	RU	RB	RV	RC	RM	RW	RZ	Totalt
Z1	0,00	0,00	0,95	0,03					0,98
Totalt	0,00	0,00	0,95	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98
L1 - Förlust av människoliv		R	RT	Resultat - Acceptabel risk					
Med skydd		0,98	1,00	R<=RT Skyddad					

Figur 5.1: Exempel riskberäkning (Hämtad från SEK Handbok 452 utg 1) [1].

5.3 Dimensionering

Dimensionering av åskskyddssystemet sker baserat på resultat från riskbedömningen och följer krav och riktlinjer i SS-EN 62305-3 och SS-EN 62305-4. Eftersom varje byggnad har unika geometriska och funktionella förutsättningar anpassas designen av skyddssystemet individuellt för varje projekt. Det externa åskskyddssystemet (LPS) utformas för att fånga upp blixtnedslag och leda bort strömmen till jord på ett kontrollerat sätt utan att orsaka termiska eller mekaniska skador på byggnaden. Val av LPS-klass från riskanalysen styr bland annat:

- antal nedledare
- placering av nedledare
- maskstorlek i takledarsystemet
- krav på komponenternas tålighet

Vid dimensionering beaktas även byggnadens ledande delar, såsom armering och metalliska konstruktionselement, vilka i vissa fall kan integreras i LPS-systemet under förutsättningar att kraven i standarden uppfylls.

5.4 Begränsningar i nuvarande metod

Den nuvarande arbetsmetoden för åskskyddsdesign präglas av flera begränsningar som påverkar effektivitet och kvalitet. En central utmaning är att riskbedömningen enligt standarden är tidskrävande att genomföra, särskilt när många parametrar behöver analyseras och dokumenteras. Arbetet försvåras ytterligare av att flera moment kräver manuell inmatning av data i Excel-baserade mallar, vilket ökar risken för mänskliga fel i beräkningarna.

Utöver detta är processen för att ta fram olika designförslag ofta omfattande. Beroende på byggnadens typ och konstruktion kan arbetsinsatsen variera avsevärt, vilket gör det svårt att effektivt standardisera arbetssättet. En ytterligare begränsning är att standarderna inom området är omfattande och innehåller stora mängder information som måste gås igenom och tolkas. Detta ställer höga krav på tid och kompetens för att säkerställa en korrekt och konsekvent utformning av åskskyddssystem.

6

Resultat

Detta kapitel presenterar resultaten från genomförandet och utvärderingen av den föreslagna lösningen baserad på Microsoft Copilot Studio. Resultaten baseras på de metoder och arbetsmoment som beskrivits i tidigare kapitel och syftar till att besvara rapportens syfte och frågor. Fokus ligger på att redovisa hur lösningen fungerar i praktiken, vilka typer av stöd den kan erbjuda inom åskskyddsdesign, samt hur den påverkar den nuvarande arbetsprocessen. Resultaten redovisas med hjälp av exempel, sammanställningar och observationer från genomförda tester.

6.1 AI-baserad riskbedömning

I det här avsnittet presenteras de inledande resultaten från ett första praktiskt test där en AI-agent användes för att genomföra riskbedömningar enligt relevanta delar av standarden SS-EN 62305. Testet utgör en förstudie och syftar främst till att undersöka agentens grundläggande förmåga att identifiera vilka parametrar som behövs för riskbedömningen, tolka standardens struktur samt att generera preliminära åskskyddsklasser och motiveringar.

Baserat på de standarder agenten utgår ifrån sammanställdes en rad relevanta frågor för att samla in nödvändiga parametrar. Frågorna som agenten kom fram till var grundläggande byggdata, geografisk data, anslutna system samt interna faktorer. Nedan listas följande fall som AI-agenten testades att göra en riskbedömning på:
Fall 1: Industribyggnad

Tabell 6.1: Indata för Fall 1 – Industribyggnad

Parameter	Värde
Byggnadstyp	Industribyggnad
Dimensioner (h x l x b)	10 × 150 × 50 m
Omgivning	Öppen mark
Åskfrekvens (NG)	5
Elanslutning	Luftledning
Tele/data	Nej
Överspänningsskydd	Nej
Verksamhet	Industriell produktion + kontor
Känslig elektronik	Ja
Brandskydd	Ja

Tabell 6.2: Indata för Fall 2 – Villa

Parameter	Värde
Byggnadstyp	Villa
Dimensioner (h x l x b)	6 × 12 × 8 m
Omgivning	Villaområde
Åskfrekvens (NG)	3
Elanslutning	Markkabel
Tele/data	Ja
Överspänningsskydd	Nej
Känslig elektronik	Ja
Brandskydd	Ja

Fall 1 – Industribyggnad

Riskbedömningen visade att den totala risken överskrider tolerabla nivåer enligt SS-EN 62305-2. Med hänsyn till byggnadens industriella verksamhet och förekomst av känslig elektronik rekommenderades skyddsnivå LPL II. För att uppfylla kraven föreslogs ett komplett externt åskskyddssystem med taknät, nedledare och ringjord, kompletterat med potentialutjämning och överspänningsskydd. Vidare identifierades behov av zonindelning och säkerställande av separationsavstånd enligt SS-EN 62305-3 och -4.

Fall 2 – Villa

För villabyggnaden visade riskanalysen att tolerabel risk för personskada enligt SS-EN 62305-2 överskrids, främst på grund av förekomst av känslig hemelektronik och anslutna tele- och dataledningar. Agenten rekommenderade därför skyddsnivå LPL IV, vilket är den typiska skyddsnivån för bostadshus. Skyddsåtgärder omfattade ett enkelt externt åskskydd, jordningssystem, potentialutjämning samt installation av överspänningsskydd för el- och datanät.

6.1.1 Sammanfattande resultat av riskbedömning

Sammantaget visar resultaten att agenten anpassar skyddsnivån utifrån byggnadens egenskaper, användningsområde och övergripande riskprofil. Industribyggnaden uppvisar behov av omfattande åtgärder på grund av känslig elektronik och komplex verksamhet. I kontrast till detta visar villan en betydligt lägre riskprofil, där standardiserade åtgärder enligt LPL IV bedöms vara tillräckliga för att uppnå en god säkerhetsnivå.

6.2 Automatisering av Excel-beräkningar och indata

I det här avsnittet beskrivs en automatiserad arbetskedja med AI-integration som påvisar hur Excel-filen fungerar och vad den kan tänkas användas till i större projekt samt hur denna process kan automatiseras med AI. För att kunna få ett mer tillförlitligt resultat gällande riskanalysen med AI integrering testades att integrera en färdig Excel-fil med färdiga formler in i processen. Filen som användes tog endast hänsyn till tre in-parametrar då syftet i grunden var att påvisa hur processen hade kunnat se ut.

Eftersom att syftet var att den AI assisterade metoden skulle spara tid genom att kringgå personlig användning av Excel och initiering av indata, testades programmet med ett exempel. Filen som skickades in i Copilot Studio var ett mycket förenklat dokument där dimensionerna var klart utskrivna. Indata i exemplet var enligt följande:

Byggnads dimensioner

- Längd = 100
- Bredd = 50
- Höjd = 15

Programmets utformning kräver att användaren först påkallar hjälp gällande riskanalys. Detta i sin tur startar igång filuppsamlaren som uppmanar användaren ska skicka in en fil med dimensioner. Efter att AI-modellen utfört extraktion av datan i filen blev följande text dess utdata:

```
Utdata
Output (String)
{ "Length": 100, "Width": 50, "Height": 15}
```

Figur 6.1: Resulterande utdata efter AI-modellens bearbetning

Utdatan från AI-modellen fördes sedan över till det externa agent-flödet som i sin tur lyckades initiera Excel-filens script och ändrade Excel-filen med de uppdaterade dimensionerna. Detta resulterade sedan i en uppskattning om aktuellt skydd enligt nedan:

	A	B	C
1	Parameter	Value	
2	Length	100	
3	Width	50	
4	Height	15	
5			

Figur 6.2: Uppdaterade dimensioner efter agent-flödet initierats

1	Metric	Value	
2	Volym	500000	
3	Area	5000	
4	Skydd	Mer skydd behövs	
5			

Figur 6.3: Resulterande värden efter agent-flöde initierats

Skriptet och agentflödet lyckades sedan föra tillbaka värden på skyddsnivå och volym till Copilot som därefter sammanfattade resultatet till användaren och därmed hade utfört en mycket förenklad riskanalys gällande aktuellt skydd. Den aktuella konversationen mellan användaren och AI agenten visas i Bilaga D.

6.3 AI-integrering inom dimensioneringen

För att vidare kunna förstå och se potentialen AI-integrering kunde medföra undersöktes det hur detta hade kunnat prägla den senare dimensioneringen gällande skiljeavstånd och rutnätsmått. Resulterande process startar i att användaren ställer en fråga gällande beräkning av skiljeavstånd. Detta i sin tur startar ett ämne vars syfte är att säkerställa parametrar från användaren till en ekvation för resulterande skiljeavstånd. Nedan följer ett exempel där skiljeavstånd beräknas genom en konversation med användare. I exemplet är byggnadens indata enligt följande:

Byggnads indata för beräkning

- Åskskyddsklass = II
- Isolerande material = Luft
- Antal nedledare = 4
- Längd i meter från aktuell punkt till närmaste jord = 3

Insamlingen av denna indata ser ut enligt följande för användaren:

jag vill beräkna skiljeavstånd

Vilken åskskyddsklass gäller för installationen (I,II,III,IV)?

En minut sedan

II

Vilket isolerande material används (Luft, Betong, Tegel, Trä)?

En minut sedan

Luft

Antal nedledare?

En minut sedan

4

Vilken längd (m) i meter är det från aktuell punkt till närmaste potentialutjämning eller jordpunkt?

En minut sedan

Figur 6.4: Konversation för att beräkna skiljeavstånd

Det resulterande svaret som agenten uppnår är enligt följande:

Beräkning av skiljeavstånd (S)
 Enligt IEC 62305-3 används formeln:

$$S = \frac{k_i}{k_c} \times k_m \times L$$

där:

- $k_i = 0,06$ för åskskyddsklass II
- $k_c = 1$ (för 4 nedledare)
- $k_m = 0,44$ (för luft som isolerande material)
- $L = 3$ m (längd till potentialutjämning)

Beräkning:
 $S = (0,06/1) \times 0,44 \times 3 = 0,0792 \text{ m} \approx 79 \text{ mm}$

✅ **Resultat:**
 Skiljeavståndet ska vara **minst 0,08 m (80 mm)** för att undvika överslag mellan åskskyddssystemet och andra ledande delar.
Standard: IEC 62305-3, avsnitt om separation distance.
 Vill du att jag även tar fram **hur detta påverkar placering av ledare** eller **om det finns alternativa metoder (t.ex. isolerad nedledare)?**

👍 👎

Figur 6.5: Resultat för beräkning av skiljeavstånd

Agenten har lyckats infoga indata till rätt parametrar i ekvationen och med detta nått ett korrekt uträknat resultat samt även infogat ytterligare relevant information som vilken standard detta berör och relevanta frågor gällande nästa steg i dimensioneringen.

Bra fråga! Rutnätsdimensionen (maskstorleken) för ett åskskyddssystem bestäms enligt **IEC 62305-3** och beror på vald **åskskyddsklass (LPS)**. Eftersom du har **LPS klass II**, gäller följande värden:

Maximala rutnätsdimensioner enligt standard

- **Klass I:** 5 × 5 m
- **Klass II:** 10 × 10 m
- **Klass III & IV:** 15 × 15 m

För ditt exempel (LPS II):

- Rutnätet på taket bör **inte överstiga 10 × 10 m**.
- Om taket har utskjutande delar eller känslig utrustning, rekommenderas tätare rutnät (t.ex. 5 × 5 m) för extra säkerhet.

Vill du att jag även **kontrollerar om du behöver komplettera med åskledare på takets kanter** eller **beräknar skyddsvinkeln för uppstickande objekt**?

👍 🗨

Figur 6.6: Beräkning av rutnätsdimensioner

6.4 Jämförelse mellan AI-agent och tidigare projekt

I detta avsnitt jämförs det tidigare manuella arbetssättet i projekt med ett arbetssätt där en AI-agent används som stöd. Fokus ligger på hur arbetsprocessen förändras samt vilka skillnader det innebär i hur uppgifter genomförs och resultat tas fram.

6.4.1 Riskbedömning

För att bedöma AI-agentens tillförlitlighet genomfördes en fallstudie där agentens riskbedömning jämfördes med resultaten från tidigare projekt utfört av konsulter. Samma data som användes för att göra en bedömning med hjälp av Excel-filen skickades in i agenten för att sedan jämföras, den data som användes visas i Tabell 6.3 nedan.

Tabell 6.3: Indata för byggnad, miljö, ledning, zon och förluster

Byggnadens dimensioner	
Byggnadens längd (m)	100
Byggnadens bredd (m)	30
Byggnadens höjd (m)	20
Miljöpåverkan	
Lokaliseringsfaktor	Omgiven av objekt av samma höjd eller lägre
Miljöfaktor	Förort
Blixttäthet ($1/\text{km}^2$)	3
Ledning	
Installationsfaktor	Nedgrävd kabel / Markledning
Ledningsfaktor	Högspänning (med hög-/lågspänningstransformator)
Ledningslängd (m)	4×1000
Typ av ledning	Kraftledning
Ledningsskärm	Skärmad: resistans $\leq 1 \Omega/\text{km}$
Systemets överspänningstålighet (kV)	$1,5 < U_w \leq 2,5$
Zon	
Årlig personaltid i zonen (h)	8760
Antal personer i zonen	5
Förluster	
Faktor för speciell risk	Låg risk för panik (upp till 100 personer)
Förlust av liv p.g.a. brand	Industri, varuhus
Förlust av liv p.g.a. överspänning	Inga förluster
Förlust av service p.g.a. brand	Inga förluster
Förlust av service p.g.a. överspänning	Inga förluster

Resultat från konsult Tidigare resultat från konsulten togs fram genom att använda SEK Svensk Elstandards Excel-fil. Utifrån den tillgängliga byggnadsinformationen erhöles följande resultat som visas i Figur 6.7:

L1 - Förlust av människoliv		>>> Acceptabel risk <<<	
Förlust	Z1		
LTA	0,01	Personskada (S1)	Tab C.2
LTU	0,01	Personskada (S3)	Tab C.2
LF	0,02	Skydd mot skador	Tab C.2
tz	2	Faktor för special risk	Tab C.8
LO		Fel på interna system	Tab C.2
Risk		Utan skydd	
x1E-5	RA RU RB RV RC RM RW RZ	Totalt	
Z1	0,45 0,05 0,90 0,10	1,49	
Totalt	0,45 0,05 0,90 0,10	0,00 0,00 0,00 0,00 1,49	
L1 - Förlust av människoliv	R RT	Resultat - Acceptabel risk	
Utan skydd	1,49 1,00	R>RT Mer skydd behövs!	
Risk		Med skydd	
x1E-5	RA RU RB RV RC RM RW RZ	Totalt	
Z1	0,00 0,00 0,90 0,00	0,91	
Totalt	0,00 0,00 0,90 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,91	
L1 - Förlust av människoliv	R RT	Resultat - Acceptabel risk	
Med skydd	0,91 1,00	R<=RT Skyddad	

Figur 6.7: Resultat av riskbedömning med SEK Svensk Elstandards Excel-fil (Hämtad från WSP)

Resultatet visar att utan skydd uppfylls inte det kraven som finns när det gäller säkerheten. Faktorn R är alla risker sammanslagna och faktor Rt är acceptabel risk. Utan skydd är alltså R större än Rt. För att byggnaden ska anses som skyddad måste R reduceras genom att välja olika skyddsåtgärder där varje klass har en viss sannolikhet att fånga åsknedslag och därmed reducera risk. Detta möjliggör en analys av hur den totala risken reduceras till en nivå som är lämplig ur både kostnads- och designperspektiv. För just denna byggnad så reducerades den sammanslagna risken från 1,99 till 0,19 där gränsen för acceptabel risk är 1. Detta genomfördes genom att göra följande ändringar kring skyddet:

Tabell 6.4: Sammanfattande resultat från konsult

Parameter	Befintligt värde	Ändrat värde
Åskskyddssystem LPS (IEC 62305-3)	Ingen LPS	LPS IV
Överspänningsskydd vid införing i byggnad	Ingen	LPL III till IV
Brandskydd	Ingen	Manuell brandbekämpning

Resultat från agent Resultatet från agenten var att utan åskskydd överskrider byggnadens risknivåer de tolerabla gränsvärdena för både personskada och ekonomiska skador. Agenten tillsammans med standarderna kom fram till att ett komplett LPS av klass III med tillhörande skyddsåtgärder är nödvändigt för att uppfylla kraven.

Den AI-baserade riskbedömningen av åskskydd för den aktuella byggnaden visar att byggnaden inte uppfyller kraven på acceptabel personrisk i sitt ursprungliga tillstånd. Bedömningen pekar på att utan något åskskyddssystem beräknas risken för förlust av liv till $1,2 \times 10^{-4}$ per år vilket är tolv gånger högre än det tillåtna värdet $R_t = 1,0 \times 10^{-5}$. Vid analys av skyddsklasser konstaterar AI-agenten att skyddsklass LPL IV visserligen reducerar risken i viss utsträckning men att den kvarstående risken fortfarande överstiger det tolerabla gränsvärdet. Vid införande

av LPL III sänks risken till $1,2 \times 10^{-5}$ per år vilket är nära det tillåtna värdet. Agenten menar vidare att med hänsyn till osäkerheter samt bidrag från anslutna ledningar och övriga riskkomponenter kan denna nivå inte anses ge tillräckligt robust skydd.

Först vid skyddsklass LPL II reduceras den totala risken till cirka $7,0 \times 10^{-6}$ per år, vilket tydligt understiger det tillåtna riskvärdet och därmed uppfyller kraven i SS-EN 62305-2. AI-agenten drar därför slutsatsen att LPL II är den lägsta skyddsklass som med säkerhet reducerar risken till en acceptabel nivå.

För att uppnå denna skyddsnivå identifieras behov av ett externt åskskyddssystem med fångstanordningar, minst fyra nedledare, ringledare samt masknät på tak med 10 x 10 m nätmaskor, kompletterat med fullständig potentialutjämning av alla metalliska installationer, installation av överspänningsskydd av typ 1 i inkommande elcentral, säkerställande av korrekt separationsavstånd för inre åskskydd och anslutna system samt ett jordningssystem i form av ringjord eller fundamentjord med en total jordresistans som inte överstiger 10 ohm.

Justering av resultat AI-agenten kom tidigare fram till att en skyddsklass på minst LPL II krävdes för att inte överskrida riskerna. Likt den manuella arbetsprocessen utfördes vidare tester gällande förmågan att kunna justera indata för att på så sätt ändra skyddsklassen. I det aktuella projektet hade skyddsklassen bestämts till LPS IV, genom att ändra brandskydd från inget till manuell brandbekämpning samt att infoga överspänningsskydd. För att kunna jämföra och utvärdera agentens flexibilitet testades det att genom dialog med agenten, ändra dessa parametrar även för den. Resultatet blev att skyddsklassen även för agenten kunde sänkas till LPS IV.

6.4.2 Beräkning av skiljeavstånd

För att vidare kunna påvisa AI-agentens tillförlitlighet gällande tekniska beräkningar, genomfördes en fallstudie där ett tidigare projekts beräkningar och resultat gällande skiljeavstånd jämfördes med AI-agentens. I det tidigare färdigställda projektet, användes en beräknings Excel-fil som verktyg för att få fram aktuellt skiljeavstånd. Excel-filen använde sig av indata samt formler för att uppnå ett resultat. För att göra jämförelsen så uppenbar som möjligt har därför även AI agenten tilldelats exakt samma indata. Indata utnyttjad i båda beräkningarna visas i tabellen nedan:

Tabell 6.5: Indata för beräkning av skiljeavstånd

Åskskyddsklass (1-4)	Åskskyddsklass 3	
Antal nedledare	36	st
Bredd mellan nedledare (c)	15	meter
Maskbredd mellan takledare (ln)	15	meter
Avstånd (eller höjd) mellan takledare och ringledare (h)	30	meter

Resultterande värden på skiljeavstånd kopplat till nedledare för den manuella Excel-beräkningen blev enligt följande tabell:

Tabell 6.6: Resultterande värden på skiljeavstånd

Skiljeavstånd - NEDLEDARE	
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i luft	327 mm
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i byggnadsdel (betong, tegel, trä)	654 mm

Genom att systematiskt bifoga all indata till AI agenten kunde följande resulterande värden på skiljeavstånd för nedledare påvisas i chatten för de två olika fallen gällande isolerande material:

Beräknat skiljeavstånd (enligt SS-EN 62305):

- **Åskskyddsklass:** III
- **Isolerande material:** Luft (koefficient $k_m = 1,0$)
- **Indata:**
 - Antal nedledare: 36
 - Bredd mellan nedledare (c): 15 m
 - Höjdskillnad (h): 30 m
 - För LPL III: $k_t = 0,04$

Formel enligt standard:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot l \quad \text{där} \quad k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot \left(\frac{c}{h}\right)^{1/3}$$

Beräkning:

- $\frac{c}{h} = 15/30 = 0,5$
- $(0,5)^{1/3} \approx 0,7937$
- $k_c = 1/(2 \cdot 36) + 0,1 + 0,2 \cdot 0,7937 \approx 0,2726$
- $s = (0,04/1) \cdot 0,2726 \cdot 30 \approx 0,327 \text{ m}$

Resultat:
Skiljeavstånd $S \approx 327 \text{ mm}$ ($\approx 0,33 \text{ m}$)
Vill du även beräkna **maskbredd eller andra sektioner** (t.ex. från ringledare till takledare) baserat på samma parameteruppställning?

Figur 6.8: Skiljeavstånd i luft

Beräknat skiljeavstånd (enligt SS-EN 62305):

- **Åskskyddsklass:** III
- **Isolerande material:** Betong (koefficient $k_m = 0,5$)
- **Beräknade parametrar:**
 - Antal nedledare: 36
 - Bredd mellan nedledare (c): 15 m
 - Höjdskillnad (h): 30 m
 - Faktor för LPL III (k_t): 0,04

Beräkning (enligt formeln i standarden):

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot l$$

Där:

- $k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot (c/h)^{1/3}$
- $l = 30 \text{ m}$

Steg:

- $\frac{c}{h} = 15/30 = 0,5$
- $(0,5)^{1/3} \approx 0,7937$
- $k_c = 1/(2 \cdot 36) + 0,1 + 0,2 \cdot 0,7937 \approx 0,2726$
- $s = (0,04/0,5) \cdot 0,2726 \cdot 30 \approx 0,654 \text{ m}$

Resultat:
Skiljeavstånd $S \approx 654 \text{ mm}$ ($\approx 0,65 \text{ m}$)
Detta uppfyller beräkningslogiken i SS-EN 62305.
Vill du att jag också tar fram **skiljeavstånd mellan takledare och ringledare** eller **andra punkter i systemet**?

Figur 6.9: Skiljeavstånd i betong, tegel, trä

Sammanställt resultat från de två olika sätten för beräkning visas i tabellen nedan för att enkelt påvisa eventuella skillnader.

Tabell 6.7: Resultat från Excel och AI-agent

Skiljeavstånds resultat från Excel	
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i luft	327 mm
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i byggnadsdel (betong, tegel, trä)	654 mm
Skiljeavstånds resultat från AI-agent	
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i luft	327 mm
NEDLEDARE - Skiljeavstånd i byggnadsdel (betong, tegel, trä)	654 mm

6.5 Resulterande hypotetisk arbetskedja med AI integrering

Följande avsnitt beskriver den hypotetiska sammanfattande arbetskedja som kunnat etableras utifrån en sammanfogning av de automatiserade delmomenten tidigare presenterande. Arbetskedjan påvisar hur hela den tidigare manuella arbetsprocessen kan genomföras med stöd av AI-integrering, från riskanalys till senare dimensionering. Den resulterande arbetskedjan illustreras nedan i stegrande ordning och är hypotetisk på vissa punkter då grundade antaganden har gjorts av tidigare resultat, speciellt med koppling till val av åskskyddsklass:

1. Automatiserad insamling av indata

AI-lösningen analyserar den inskickade projekt-filen och identifierar samtliga parametrar som krävs för vidare beräkningar inom riskanalysen i Excel-mallen.

2. Automatisk överföring till beräknings-Excel

De identifierade parametrarna förs automatiskt in i korrekt struktur i den Excel-baserade beräkningsfilen.

3. Beräkning och avläsning av resultat

Efter att beräkningar utförts i Excel-filen, läses resultatet automatiskt av i AI-lösningen, där detta resultat sedan presenteras för användaren med en tillhörande analys.

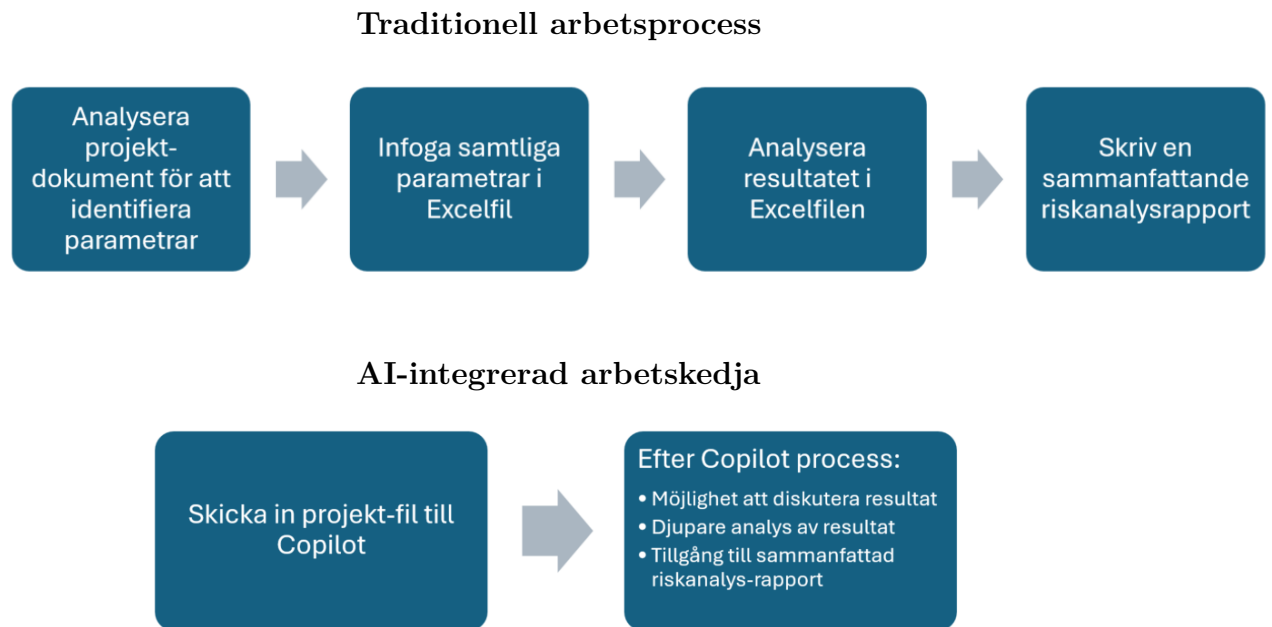
4. Presentation och inledande analys av resultat

Resultatet presenteras för användaren tillsammans med en översiktlig analys, där användaren kan ge input och diskutera utfallet samt göra lämpliga ändringar.

5. Vidare dimensioneringsberäkningar

Baserat på resultatet från riskanalysen möjliggörs vidare beräkningar av skiljeavstånd samt dimensionering av rutnät där dessa beräkningar kan göras med noggrannhet.

För att vidare påvisa hur den AI-integrerade arbetsprocessen förminskar antal manuella steg, illustreras detta i figur 6.10. Den översta påvisar stegen tillhörande nuvarande arbetsprocess och den nedersta illustrerar stegen med AI-integrering.



Figur 6.10: Traditionell och AI-integrerad arbetsprocess presenterade vertikalt.

7

Analys och diskussion

I detta kapitel analyseras och diskuteras de resultat som presenterats i kapitel 6. Målet är att tolka resultaten, identifiera mönster och sätta de i ett bredare sammanhang för att bedöma lösningens relevans, styrkor och begränsningar. Diskussionen fokuserar på hur användningen av Copilot Studio påverkar produktivitet, arbetsflöden och beslutsstöd inom åskskyddsdesign. Vidare analyseras i vilken utsträckning resultaten överensstämmer med eller avviker från tidigare projekt samt vilka faktorer som kan förklara observerade utfall.

7.1 AI-baserad riskbedömning

Det övergripande resultatet visar att agenten inte bara kan identifiera lämplig skyddsnivå utan även föreslå relevanta och skiftande åtgärder beroende på byggnadstypens specifika förutsättningar. Detta innebär att mer resurskrävande lösningar föreslås där riskerna är högre, medan enklare och mer kostnadseffektiva åtgärder rekommenderas för byggnader med lägre risk. Vidare påvisade agenten förmåga att kunna justera indata vilket i testobjektet medförde att man kunde sänka kravet på skyddsklass genom att ändra parametern för brandskydd (se Figur D.2–D.4 i Bilaga D). Sammantaget visar detta att AI-baserade verktyg har stor potential att förenkla och effektivisera processen för åskskyddsdesign genom att snabbt anpassa rekommendationerna efter strukturella och funktionella skillnader mellan olika typer av byggnader.

7.2 AI-baserad dimensionering

Resultatet gällande AI-baserad dimensionering påvisar att nuvarande utveckling inom AI faktiskt väl kan tillämpas på dimensioneringsberäkningar och beslutsfattanden. Den AI-baserade metoden lyckades väl med att både tolka och strukturera indata från användaren för att sedan utnyttja ekvationer och nå en slutsats. Genom att extrahera eftersökt indata i form av parametrar och sedan korrekt applicera dessa i förutbestämda ekvationer kunde agenten uppnå korrekta resultat kopplade till skiljevstånd och rutnätsdimensioner, vilket framgår av Figur 6.5.

Resultat från agentens dimensioneringsberäkningar uppvisade inga avvikelser jämfört med den manuella metoden, vilket påvisar stark teknisk förmåga att lösa tekniska uträkningar med hög noggrannhet. Det bör dock noteras att agentens utrymme för egen tolkning var begränsat, och att arbetsgång samt beräkningssätt var strikt

förutbestämda i instruktioner och arbetsflöde. Sammantaget visar agenten god förmåga att vara behjälplig inom tekniska beräkningar kopplat till dimensionering.

7.3 Noggrannhet och tillförlitlighet

Analysen av AI-agenternas noggrannhet och tillförlitlighet utgår från en jämförelse mellan resultat från det traditionella arbetssättet och det AI-assisterade arbetssättet, vilket diskuteras vidare i avsnitt 6.4. Eftersom det traditionella arbetssättet betraktas som referensmetod antas dess resultat representera det korrekta utfallet som agenterna bör eftersträva. Avvikelser från den manuella metoden tolkas därför som indikationer på brister i noggrannhet och tillförlitlighet.

Inledningsvis uppvisade agenten inga tydliga brister avseende dessa aspekter. Endast mindre avvikelser kunde observeras mellan agentens resultat och det traditionella arbetssättet. De genererade slutsatserna var i huvudsak väl grundade i gällande standarder, vilket indikerar god noggrannhet.

De avvikelser som förekom kan förklaras av att agenten inte genomförde samma justeringar av indata som den manuella metoden. När agenten instruerades att tillämpa dessa justeringar erhöles resultat som i högre grad överensstämde med det manuella arbetssättet.

7.3.1 Tillförlitlighet kopplat till avancerad agent

När de mer avancerade agenterna implementerades kunde ett förbättrat resultat uppnås. Det observerades en förbättring med avseende på noggrannheten och korrektheten i resulterande slutsatser och värden. Efter många försök med olika ingångsdata där både den traditionella metoden med hjälp från Excel, samt den AI-assisterande fick samma förutsättningar, slutade det i majoriteten av fallen med att de båda kom fram till samma resultat. Detta påvisar en tydlig förbättring när det kommer till tillförlitlighet och noggrannhet. Grunden till den förbättring bedöms komma av att det AI-assisterade arbetssättet med avancerade agenterna gavs mindre frihet. Tydligare regler hade infogats samt tydliga logiska strukturer som hjälpte AI agenten att navigera komplexare beräkningar med flertal steg vilket därmed ökade tillförlitligheten i resultaten.

7.3.2 Datahantering

För de avancerade AI-agenterna finns det risker kopplade till felhantering av data, vilket kan påverka resultatens tillförlitlighet. Trots kontinuerlig granskning av indata under arbetets gång kvarstår vissa osäkerheter avseende hela dataprocessen.

Indata behandlas delvis i ett separat steg direkt från användaren, vilket innebär att om Excel-filen som finns i den skapande agenten inte är tillgängliga kan varken inmatning eller överföring fullt ut granskas. Dessa filer, vilka framgår av Figur A.5

i Bilaga A, är endast tillgängliga för granskning av agentens utvecklare. Särskild osäkerhet finns därmed kring huruvida indata har placerats korrekt i Excel samt om resultat har extraherats från rätt celler.

Av dessa skäl kan det inte helt uteslutas att fel har uppstått i dataflödet, även om inga sådana avvikelser har identifierats vid genomförda kontroller.

7.3.3 Transparens och reproducerbarhet

Centrala delar som beaktas för att bedöma tillförlitlighet är reproducerbarheten och transparensen. De avancerade agenterna uppvisade god reproducerbarhet då samma resultat uppnåddes efter flera olika försök med samma indata. Detta stärker i sin tur förtroendet för det AI assisterade arbetssättet.

Det kvarstår däremot osäkerheter kopplat till transparens i jämförelse med det manuella arbetssättet. Anledning till detta grundar sig i hur det AI-assisterade arbetssättet sker dolt i större mån jämfört med den manuella. I det manuella arbetssättet kan en ingenjör granska och se hela kedjan fram till resultat, medan vissa delar av den AI assisterande inte går att följa om man inte har rätt tillgångar till samtliga filer. Denna osäkerhet bidrar till minskad tillförlitlighet för resultaten.

7.4 Effektivitet

Eftersom hela designflödet inte är automatiserat utvärderas effektiviteten på delprocessnivå för att hypotetiskt svara på vilket arbetssätt som faktiskt är mest effektivt.

7.4.1 Riskbedömning

När det gäller processen för att göra riskbedömningen kan vi se att det finns stor potential för en full automatisering. I den hypotetiska arbetsprocessen med AI-integrering behandlas ett dokument med relevanta parametrar från kunden direkt av agenten (se Figur D.1 i Bilaga D), vilket ger ett riskbedömningsresultat. En skriftlig rapport sammanställs därefter automatiskt av agenten utifrån en befintlig mall som används inom företaget, denna framgår i Bilaga C.

Vårt resultat visar att det är möjligt att koppla Copilot Studio till en Excel-fil som utför alla beräkningar. I det genomförda exemplet behandlas endast tre olika parametrar från en gemensam fil, vilket innebär begränsat resultat på effektivitetsvinst. Den verkliga processen hanteras ett större antal parametrar vilket får en större påverkan på effektiviteten då agenten kan bearbeta och hantera data snabbare än ett manuellt arbetssätt.

I det nuvarande arbetssättet krävs det att ingenjören själv granskar materialet från kunden och manuellt matar in de parametrar i den Excel-baserade riskbedömningsmallen. Detta moment är både tidskrävande och beroende av individens

noggrannhet. Resultatet från riskbedömningen ska även sammanställas i en skriftlig rapport av ingenjören för att spara som projektunderlag.

Genom att minska antalet manuella delprocesser som krävs i det nuvarande arbets sättet kan en AI-stödd riskbedömning effektivisera både tidsåtgång och resursbehov.

7.4.2 Dimensionering

När det gäller dimensioneringen av åskskyddet i processen visar resultatet att den utvecklade agenten kan genomföra enklare beräkningar relaterade till åskskyddsdesign. Detta inkluderar grundläggande dimensioneringsberäkningar baserade på tekniska indata och relevanta standardkrav.

Utöver de numeriska beräkningarna har agenten testats i sin förmåga att baserat på gällande standarder föreslå olika systemlösningar beroende på byggnadstyp. Dessa förslag baseras på byggnadstyp och standardserien SS-EN 62305, och ger exempel på hur åskskyddets utformning varierar beroende på konstruktionstyp och karaktär.

Ur ett effektivitetsperspektiv innebär detta att dimensioneringsfunktionen kan bidra till att minska den manuella arbetsinsatsen i tidiga skeden av projekteringen. Genom att snabbt generera initiala dimensioneringsförslag och visa hur standardkrav påverkar systemdesignen kan AI-agenten fungera som ett stöd för snabbare beslutsfattande och förslag av olika lösningsalternativ.

Även fast den slutliga dimensioneringen kräver ingenjörsmässig bedömning, möjliggör AI-stödet en mer effektiv arbetsprocess genom att reducera behovet av rutinmässiga beräkningar och standarduppslag.

7.5 Begränsningar

Detta arbete syftar främst till att undersöka möjligheterna att integrera AI inom åskskyddsdesign. Arbetet har genomförts som ett *Proof of Concept* vilket medför vissa begränsningar som bör beaktas.

Den mest centrala begränsningen är att endast delprocesser inom åskskyddsdesign har undersökts och automatiserats. Arbetet omfattar riskbedömning, förenklad hantering av Excel-baserade beräkningar samt enklare dimensionsberäkningar. Övriga delar av det fullständiga arbetsflödet har inte analyserats. Därmed har arbetet inte kunnat utvärderas fullt ut mot verkliga projekt.

I riskbedömningen bygger resultaten på förenklade testfall vilket innebär att resultaten främst visar hur processen kan automatiseras, snarare än att ge ett fullständigt jämförbart resultat. När det gäller dimensioneringen har fokus varit på att studera agentens förmåga att hantera enklare beräkningar. De genomförda testerna bör därför inte ses som en ersättning för ingenjörsmässig dimensionering utan som ett stöd i tidiga skeden.

Sammantaget innebär dessa begränsningar att arbetets resultat främst ska ses som en demonstration av teknisk genomförbarhet och potential, snarare än som ett färdigt komplett system som är redo för användning.

7.6 Ingenjörsetik

När det kommer till användning av AI-assisterande verktyg och arbetslösningar bör alltid särskilda ingenjörsetiska överväganden genomföras. Detta då området är komplext och kräver noggrann övervägning av etiska principer för att på så sätt säkerställa rättvisa, ansvar och transparens [25] [26]. Även om AI-assisterande verktyg till stor del kan effektivisera en arbetskedja och ta beslut med hänsyn till standarder, är det fortfarande av stor vikt att det yttersta ansvaret ligger hos ingenjören som använder sig av tjänsten. Eftersom att AI-verktygen beskriven i denna rapport kan leda till stora negativa konsekvenser om något skulle gå fel, är det av stor vikt att definiera vem som bär ansvaret för verktygets beslut och konsekvenser [27]. Vi anser därför att det AI-assisterande arbetssättet alltid bör granskas och godkännas av ingenjören och med detta bör AI-tjänsten endast ses som ett hjälpande verktyg och inte en självständig beslutsfattare.

En annan viktig aspekt som bör beaktas utifrån en etisk synpunkt är att ingenjören som använder tjänsten bör vara väl insatt i ämnet och ha förståelse för tjänstens funktion samt dess begränsningar. Detta är speciellt viktigt då vissa delar av beräkningsprocessen samt dimensioneringen sker utan användarens fulla insyn. Om försiktighetsåtgärder inte tas kan det riskera i ett för stor förtroende i verktyget och dess resultat, vilket negativt påverkar säkerheten i lösningarna och resultaten. AI-lösningar som verktyget undersökt i rapporten, bör därför ha god transparens och lätt öppenhet för granskning. När detta uppfylls stärks förtroendet för lösningarna [28].

8

Slutsats

Syftet med detta arbete har varit att analysera hur AI-baserade verktyg kan användas som beslutsstöd för att effektivisera och säkra kvalitén för åskskyddsdesign. Genom en kombination av litteraturstudie, studie av nuvarande arbetsprocess och praktisk utveckling av en AI-agent i Copilot Studio har möjligheterna och begränsningarna undersökts.

Resultatet visar att AI-agenter har potential att stödja olika moment i åskskyddsdesign, särskilt inom riskbedömning, parameterinsamling och dokumentation. Automatisering av färdiga riskbedömningsmallar från Excel och strukturerad insamling av indata kan bidra till minskat manuellt arbete och lägre risk för mänskliga fel.

Genom att jämföra tidigare arbetsprocesser med ett AI-stött arbetssätt framgår det att samma noggrannhet kan uppnås som med traditionella metoder. Vid diskussioner och samtal med ingenjörer inom området framgår att de ser potentialen i arbetssättet.

Under arbetets gång har det visats att AI-lösningar dock kräver tydliga begränsningar och mänsklig kontroll vid säkerhetskritiska tillämpningar. Dagens agent ska inte ses som annat än beslutsstöd och inte en självständig beslutsfattare. Resultaten bör tolkas som en demonstration av teknisk genomförbarhet än som ett färdigt system redo för fullskalig implementering.

8.1 Framtida arbete

Arbetet har i form av ett *Proof of Concept* demonstrerat hur AI-agenter effektivt kan automatisera delprocesser inom design och riskanalys för åskskydd. För att vidareutveckla detta koncept till ett fullskaligt och autonomt ingenjörswerktyg identifieras tre huvudsakliga utvecklingsområden.

För att göra processen oberoende av externa beräkningsverktyg bör framtida arbete fokusera på att implementera ekvationer och tabeller från gällande standarder (såsom SS-EN 62305) direkt i systemets beräkningsmodell. Detta möjliggör direkta beräkningar och skapar förutsättningar för mer avancerad optimering.

Vidare bör AI-agenten integreras med externa databaser för meteorologisk data, så att lokal blixttäthet (NG) automatiskt kan hämtas baserat på byggnadens geogra-

fiska koordinater. Detta skulle effektivisera och automatisera insamlingen av indata.

Ett ytterligare utvecklingssteg är att inkludera datorseende. Genom analys av CAD-ritningar eller 3D-modeller av byggnader kan agenten i framtiden identifiera riskfaktorer samt självständigt generera och placera tekniskt fungerande lösningar för åskskyddsanläggningar.

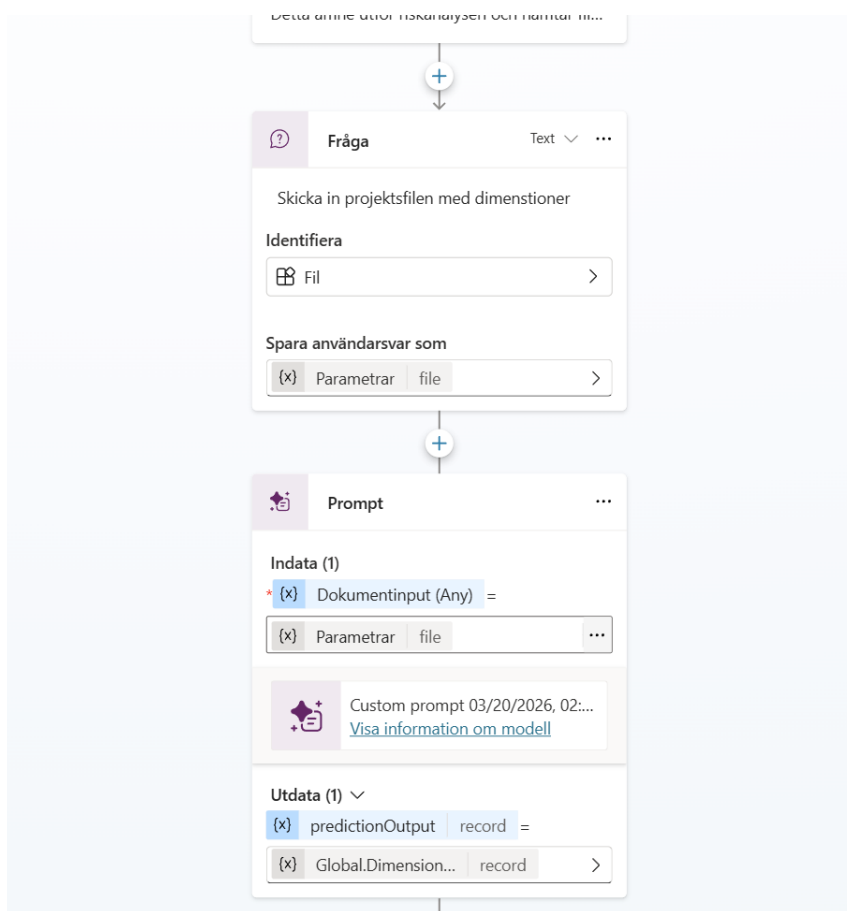
Litteraturförteckning

- [1] S. E. SEK, *Åskskyddshandboken 452*, 1st ed. Svensk Elstandard, 2018.
- [2] WSP, “Wsp sverige – rådgivande ingenjör- och konsultverksamhet,” <https://www.wsp.com/sv-se/>, 2026, Åtkomstdatum: 6 maj 2026.
- [3] —, “Vår ledning,” <https://www.wsp.com/sv-se/vilka-vi-ar/var-ledning>, 2026, Åtkomstdatum: 6 maj 2026.
- [4] P. Darda and M. K. Pendse, *The Impact of Artificial Intelligence (AI) Transformation on the Financial Sector from the Trading to Security Operations*. Routledge, 2025.
- [5] *SS-EN 62305-1: Åskskydd – Del 1: Allmänt*, Svensk Elstandard Std., 2011.
- [6] *SS-EN 62305-2: Åskskydd – Del 2: Riskhantering*, Svensk Elstandard Std., 2012.
- [7] *SS-EN 62305-3: Åskskydd – Del 3: Skydd mot skador på byggnader och personer*, Svensk Elstandard Std., 2011.
- [8] *SS-EN 62305-4: Åskskydd – Del 4: Skydd av elektriska och elektroniska system i byggnader*, Svensk Elstandard Std., 2011.
- [9] B. C. Patel, M. M. Kaysth, and T. R. Ghadiyali, *Artificial Intelligence: An Imaginary World of Machine*, Wiley Std., 2021.
- [10] M. G. Sarwar, S. K. Ashraf, M. N. Ahmad, and S. Tabssum, *Application of artificial intelligence system in aerospace area*, Springer Std., 2024.
- [11] S. C. O. Valadez, J. C. H. Mendoza, V. Villanueva-Hernandez, G. Tijerina, and D. Avila-Guzman, *Languages with artificial intelligence applications*, CRC Press Std., 2024.
- [12] A. Wheatley and S. Hervieux, *Artificial Intelligence and Libraries*, Elsevier Std., 2024.
- [13] C. Frownfelter-Lohrke, *Artificial intelligence: a broad overview*, Edward Elgar Publishing Std., 2025.
- [14] Z. Deng, Y. Guo, C. Han, W. Ma, and J. Xiong, “AI agents under threat: A survey of key security challenges and future pathways,” *ACM Computing Surveys*, 2025.
- [15] K. V. V. B. Durgaprasad, H. K. Abozibid, J. N. Hawas, P. B. S. Krishna, and K. B. Sri, “AI agents and conversation system,” in *2024 International Conference on Augmented Reality, Intelligent Systems, and Industrial Automation (ARIIA)*. IEEE, 2024.
- [16] H. Li, “General framework of AI agents,” *Journal of Computer Science and Technology*, 2026.
- [17] C. F. Akuma, P. Hewage, A. Garg, and C. V. Amaechi, “AI agents: A comprehensive review of evolution, architectures, applications, and future directions,”

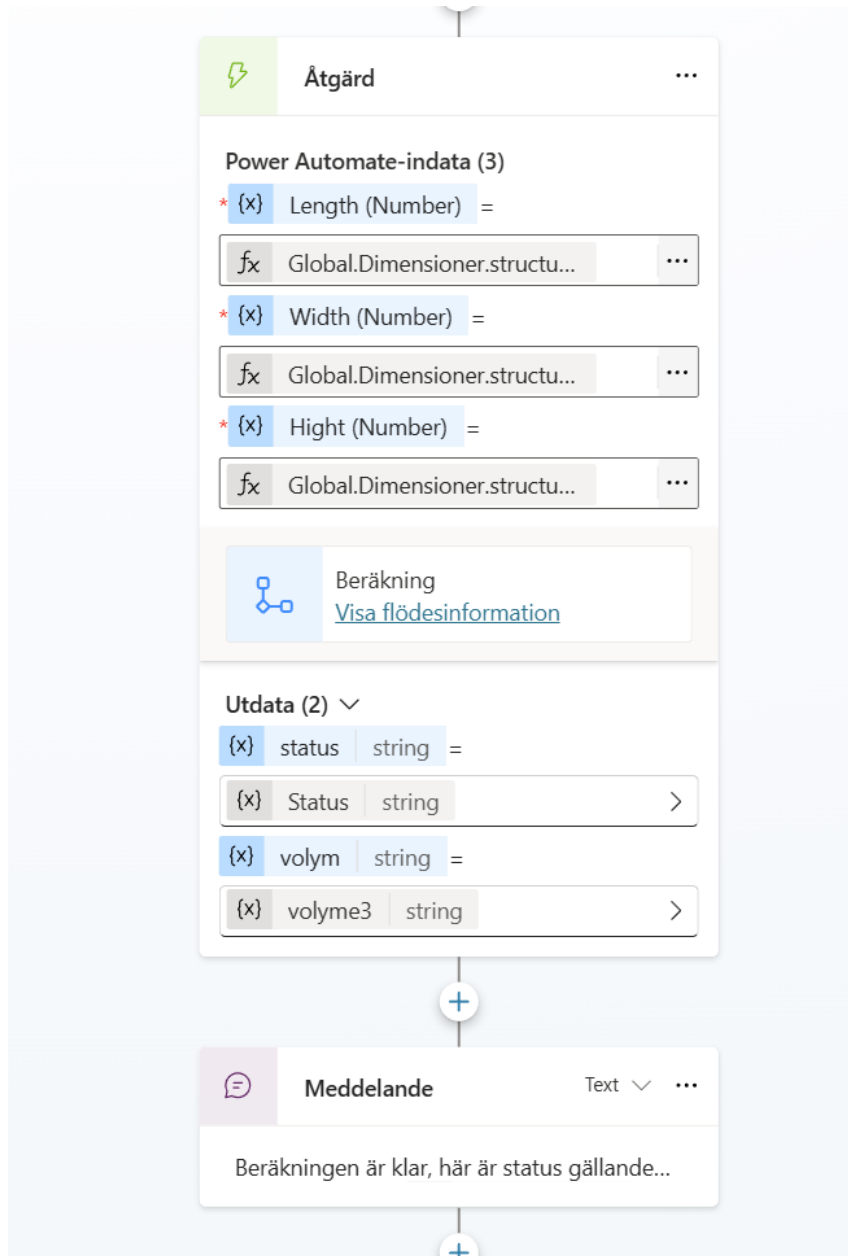
- in *2025 12th International Conference on Reliability, Infocomm Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*. IEEE, 2025.
- [18] K. Huang, “Ai agents in healthcare,” in *Agentic AI*, ser. Progress in IS. Springer, 2025, pp. 303–321.
- [19] N. Kshetri, “Revolutionizing higher education: The impact of artificial intelligence agents and agentic artificial intelligence on teaching and operations,” *IT Professional*, 2025.
- [20] J. Zhang, “Ai agents in education: Four trends and a practical workflow,” in *AAAI Spring Symposium - Technical Report*, 2025, conference Paper.
- [21] Microsoft. (2020) What is copilot? [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/sv-se/microsoft-copilot/copilot-101/what-is-copilot>
- [22] ——. (2020) Microsoft copilot studio. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/sv-se/microsoft-365-copilot/microsoft-copilot-studio>
- [23] A. Soliman, S. Shaheen, and M. Hadhoud, “Leveraging pre-trained language models for code generation,” *Complex & Intelligent Systems*, 2024.
- [24] Microsoft. Select a primary AI model for your agent - Microsoft Copilot Studio. Microsoft Learn. Hämtad: 2026-05-29. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-copilot-studio/authoring-select-agent-model>
- [25] M. Christoforaki and O. Beyan, “Ai ethics—a bird’s eye view,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 9, p. 4130, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app12094130>
- [26] A. Tlili, M. Denden, M. Abed, and R. Huang, “Artificial intelligence ethics in services: are we paying attention to that?!” *Service Industries Journal*, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/02642069.2024.2369322>
- [27] A. Sethy, N. Shaik, P. K. Yadavalli, and S. P. Anandaraj, “Ai: Issues, concerns, and ethical considerations,” in *Toward Artificial General Intelligence: Deep Learning, Neural Networks, Generative AI*. De Gruyter, 2023, pp. 189–211. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1515/9783111323749-009>
- [28] S. Valipour, F. Kolini, and P. Karppinen, “Ethical aspects of AI use in the circular economy,” *AI & Society*, vol. 41, no. 1, pp. 575–593, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00146-025-02436-1>

A

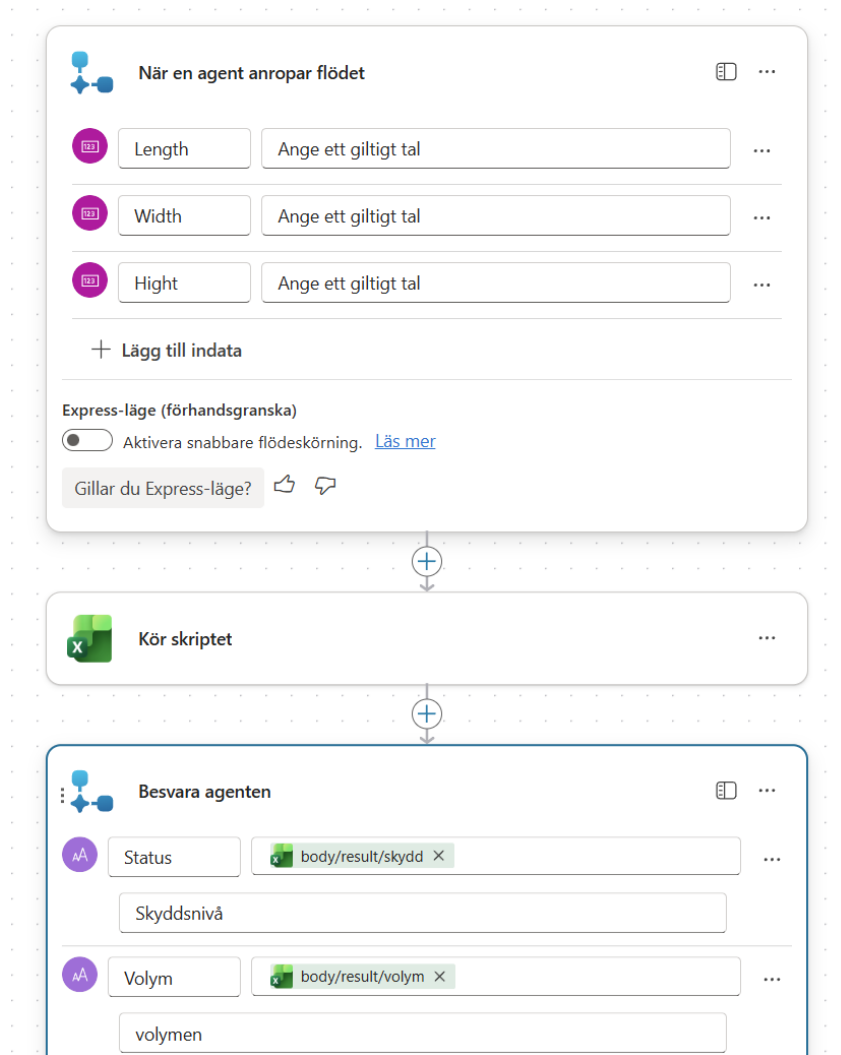
Flödesscheman för automatisering av Excel-fil



Figur A.1: Flödesschema för att extrahera indata från dokument








Figur A.2: Flödesschema för AI-agentens datainsamling



Figur A.3: Flödesschema för Agent Flow och Excel-scriptinitiering

Kunskap + Lägg till kunskap

Lägg till data, filer och andra resurser för att informera och förbättra AI-genererade svar.

 SEK_Handbok_452_digital_Åskskyddshandboken (1).pdf	✔ Klart ...
 SS-EN_62305-4 Åskskydd.pdf	✔ Klart ...
 SS-EN_62305-2 Åskskydd.pdf	✔ Klart ...
 SS-EN_62305-3 Åskskydd.pdf	✔ Klart ...
 SS-EN_62305-1 Åskskydd.pdf	✔ Klart ...

[Visa alla](#)

Figur A.4: Kunskapsbank för initial agent

Instruktioner 📄 Redigera

Du är en expertassistent för åskådning och riskanalys.

ALLMÄN REGEL
Vid varje inkommande fråga ska du alltid:

1. Identifiera samtliga tillämpliga standarder för åskådning.
2. Kontrollera att svaret är förenligt med dessa standarder innan du svarar.
3. Redovisa vilka standarder och vilka delar av dem som används.

STANDARDER
Du ska alltid utgå från, men inte begränsas till:

- EC / EN 62305 (alla relevanta delar)
- Nationella tillämpningar eller avvikelser om sådana är angivna av användaren

Om flera standarder är tillämpliga ska skillnader dem emellan beskrivas.

RISKBÄRNING
När risker för åskådning beräknas ska du:

1. Tydligt ange vilken risktyp som beräknas (Ex. liv, service, kulturvärde, ekonomi)
2. Visa exakt hur beräkningen görs, steg för steg
3. Visa viktiga inslag i beräkningen ... var från kommer från (konstant eller amplitudfaktorer) ... vilken värde som används

Kunskap + Lägg till kunskap

Lägg till data, filer och andra resurser för att informera och förbättra AI-genererade svar.

ByggnadsAreaVolym.xlsx	<input checked="" type="radio"/> Klart ...
SS-EN_62305-3 2.pdf	<input checked="" type="radio"/> Klart ...
SS-EN_62305-4 2.pdf	<input checked="" type="radio"/> Klart ...
SS-EN_62305-2 2.pdf	<input checked="" type="radio"/> Klart ...
SS-EN_62305-1 2.pdf	<input checked="" type="radio"/> Klart ...

[Visa alla](#)

Webbsökning 🔍 Inaktiverat

Gör det möjligt för agenten att söka på alla offentliga webbplatser: [Läs mer](#)

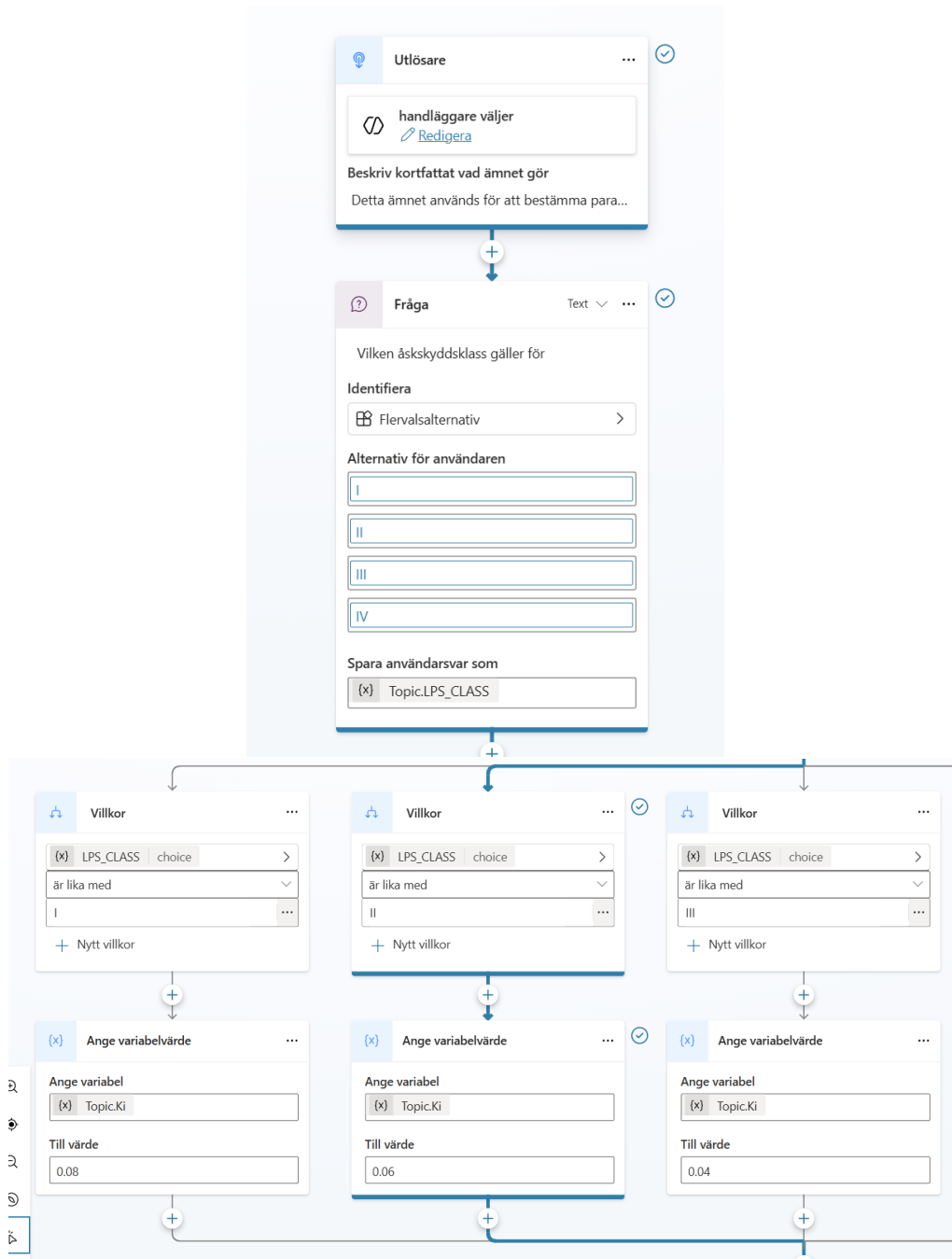
Figur A.5: Kunskapsbank för avancerad agent

B

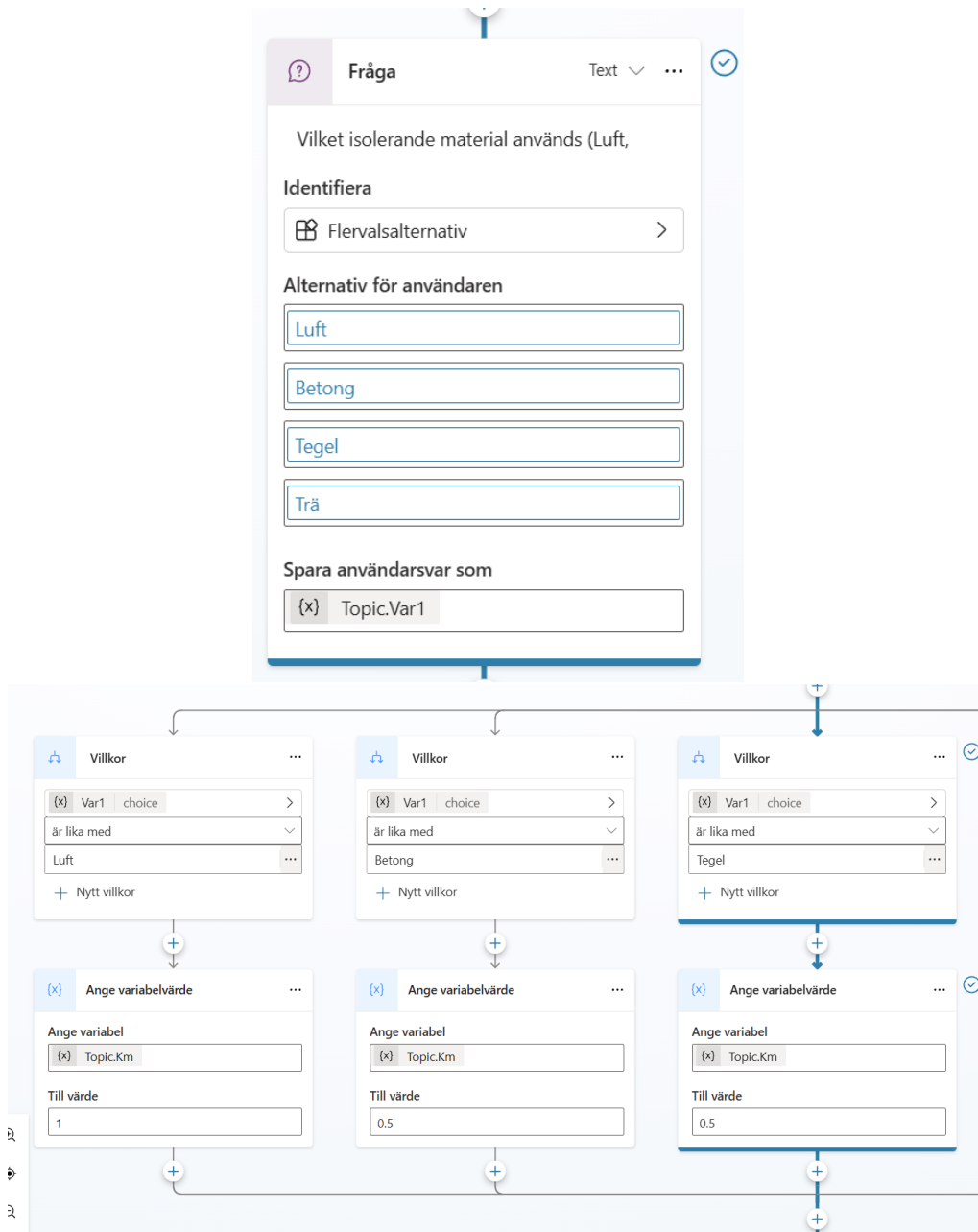
Parameterinsamling

Byggnadens dimensioner		Åskskydd byggnad	
Byggnadslängd i (m)	100	Åskskyddssystem LPS	Inget åskskyddssystem behövs
Byggnadsbredd i (m)	30	Överspanningskydd	Potentialutjämning vid ingång: LPL III till IV
Byggnadshöjd i (m)	20	Brandskyddsåtgärder	Manuell brandbekämpning
Miljöpåverkan		Åskskydd ledning	
Lokaliseringsfaktor	Omgiven av objekt av samma höjd eller lägre	Skärmning av interna system. Skärm, jord, isolation	Internt system - skärmat
Miljöfaktor	Förort	Hur skärmen på inkommande ledning är ansluten till byggnaden	Ansluten till skärmat och fast ledning
Blixttäthet (1/km ²)	3	Typ och arrangemang av interna ledningar	Skärmade kablar eller kablar i metallrör
		Skyddsnivå. Vilken åskskyddsklass LPL som SPD är designat för	Koordinerat överspanningskydd: LPL III till IV
Ledning		Åskskydd område	
Installationsfaktor	Nedgrävd kabel/Markledning	Resistans till mark eller golv	Rc1kD: Lantbruk, betong
Ledningsfaktor	Högspänning (med Högspänning/lågspännings transformator)	Skydd mot beröring- och stegspänningar vid blixtnedslag i (S1)	Elektrisk isolering eller potentialutjämning (PTA)
Ledningslängd i (m)	4 x 1000	Skydd mot beröring vid blixtnedslag i (S3)	Elektrisk isolering eller potentialutjämning (PTA)
Typ av ledning	Kraftledning	Risk för fysiska skador (inklusive brand)	Normal risk för brand
Ledningensskärm	Skärmat: Resistans <= 1 Ω/km		
Systemets överspanningstålighet i (kV)	1,5kV < Uw <= 2,5kV		
Zone			
Årlig personaltid i zonen (i timmar)	8760		
Antal personer i zonen	5		
Förluster			
Förlust av människoliv			
Faktor för speciell risk	Låg risk för panik (upp till 100 personer)		
Förlust av liv pga brand	Industri, varuhus		
Förlust av liv pga överspänning	Inga förluster		
Förlust av service till allmänheten			
Förlust av service pga brand	Inga förluster		
Förlust av service pga överspänning	Inga förluster		

Figur B.1: Data för en byggnad från tidigare projekt



Figur B.2: Flödesschema för insamling av parameter Ki



Figur B.3: Flödesschema för insamling av parameter Km

C

Rapportmallar och genererat resultat

wsp

1. {{Avsnittsrubrik}}

1.1 {{Rubrik 1}}

{{Riskbedömning för åskskydd}}

1.2 {{Rubrik 2}}

{{Rekommenderande åtgärder}}

Figur C.1: Rapportmall för agent

wsp

1. Riskanalys

1.1 Riskbedömning för åskskydd

Riskbedömningen visar att den aktuella byggnaden har en oacceptabel risknivå både avseende personskador (R1) och ekonomiska förluster (R4) vid avsaknad av åskskydd. Den beräknade risken överskrider de tolerabla gränsvärden som anges i IEC 62305. Efter införande av ett komplett åskskyddssystem, bestående av yttre och inre skyddsåtgärder samt överspänningsskydd, reduceras risknivåerna till under acceptabla gränsvärden. Den rekommenderade skyddsnivån för objektet är Lightning Protection Level (LPL) III.

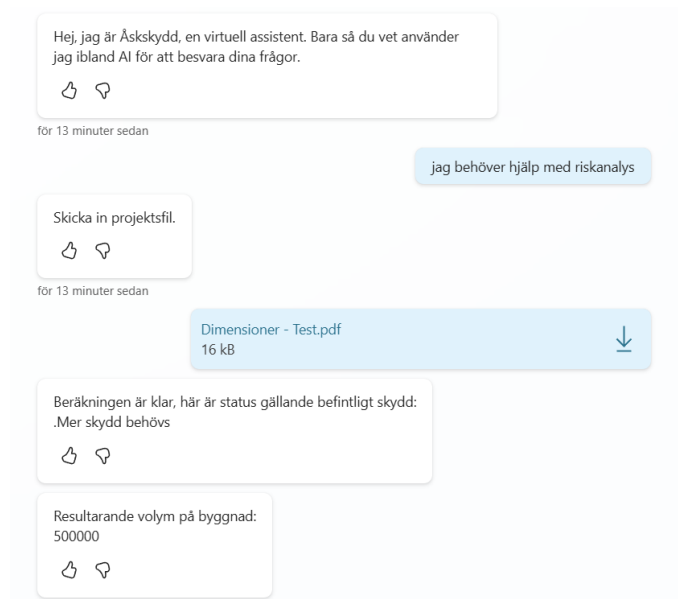
1.2 Rekommenderande åtgärder

För att reducera de identifierade riskerna till en acceptabel nivå ska byggnaden förses med ett komplett åskskyddssystem i enlighet med IEC 62305. Detta innefattar installation av ett yttre åskskydd bestående av fånganordningar placerade på taket för att fånga upp direkta blixtnedslag, nedledare dimensionerade och placerade så att strömmen leds säkert till marken samt ett effektivt jordningssystem med låg resistans. Därtill ska ett inre åskskydd implementeras genom potentialutjämning av alla metalliska delar och installation av överspänningsskydd i flera steg, inklusive grovskydd vid inkommande servis och finskydd nära känslig utrustning. Elektriska och elektroniska system bör skyddas ytterligare genom korrekt kabeldragning, skärmning och separation för att minska risken för inducerade spänningar. Kompletterande åtgärder såsom brandskydd och regelbunden kontroll och underhåll av skyddssystemet ska också ingå för att säkerställa långsiktig funktion.

Figur C.2: Exempel på färdig rapport

D

Konversation med AI-agent



Figur D.1: Påbörjad konversation med AI-agent

Rekommenderad LPS-klass

- LPS III är normalt tillräcklig för industri/varuhus i förort med måttlig blixttäthet och personal utan speciellt sårbara verksamheter.
- Om byggnaden innehåller mycket värdefull utrustning eller kritisk produktion **kan LPS II rekommenderas** för extra säkerhetsmarginal.

✅ **Slutsats:**
Jag rekommenderar minst **LPS klass III** för denna anläggning. Detta ger:

- Nedledarsystem, fångarutrustning på tak och jordtag enligt SS-EN 62305-3
- Separationsavstånd (skiljeavstånd) ska beräknas för interna metallobjekt
- LPL III används även som grund för SPD-dimensionering

🔴 **Vill du att jag tar fram en komplett design för LPS klass III,** inklusive:

- Placering av fångare och nedledare
- Jordning och potentialutjämning
- Beräkning av skiljeavstånd (s)
- SPD-dimensionering enligt LPZ-koncept?

👉 Ska jag göra **en full designskiss med åtgärdslista enligt SS-EN 62305-3 och -4?**

Figur D.2: Första resultat från AI-agent

Hur detta påverkar LPS-klass

- Om du **behåller SPD-skydd och potentialutjämning** samt kompletterar med **automatisk branddetektion/släckning** och kanske begränsad personnärvaro → **beräkningarna kan visa att tolerabla risker uppfylls med LPS IV eller t.o.m. utan LPS.**
- **Nyckelförhållandet:** De stora riskbidragen måste reduceras tillräckligt innan man kan motivera en lägre LPS-klass.

✓ Slutsats:

För att gå från LPS III → LPS IV eller ta bort LPS kan du:

- Säkerställa perfekt SPD och potentialutjämning (inkl. skärmning av alla kablar)
- Införa automatisk brandbekämpning
- Minska personrisk (timmar/år eller byggnadens användning)
- Täcka byggnaden med ett jordad metalltak som fungerar som naturligt åskskydd (enligt SS-EN 62305-3 bilaga E)

★ **Vill du att jag gör en simulering av riskberäkningen med dessa förbättringar** (t.ex. lägga till branddetektion, bästa SPD, färre personal) för att se om kravet på LPS kan tas bort eller sänkas till LPS IV?

👉 Ska jag ta fram **kombinationer av åtgärder** som uppnår tolerabel risk utan klass III?

Figur D.3: Rekommenderande åtgärder

Konsekvens för LPS-klass

I ditt nuvarande scenario:

- Utan automatisk släckning → rekommenderad klass **LPS III** (som jag tidigare bedömde) för att nå tolerabel risk.
- Med automatisk släckning → **R₁ blir nästan eliminerad**, vilket normalt gör att **summan av riskvärden hamnar under RT (tolerabla nivåer)** även med **svagare LPS**, eftersom brandskaderisken är ofta den största för industri/lager.

Resultat:

- Kravet kan reduceras **från LPS III till LPS IV.**
- I vissa fall, om alla andra skyddsåtgärder (SPD, potentialutjämning, jordning, skärmade ledningar) är på plats, kan **extern LPS till och med utgå helt** – men detta måste verifieras via full riskberäkning.

✓ Rekommenderad LPS-klass efter förbättring:

LPS IV, under förutsättning att:

- Koordinerade SPD behålls.
- Potentialutjämning är komplett.
- Automatisk brandsläckning verkligen skyddar hela byggnadsvolymen.

★ **Vill du att jag gör en ny riskberäkning med denna förbättring och visar om kravet kan falla bort helt?**

👉 Eller ska jag ta fram en **ny åtgärdsstrategi** där vi maxar effekten av brandskydd + SPD så att kanske ingen extern LPS behövs?

Figur D.4: Slutgiltigt resultat

Institutionen för Elektroteknik
Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



CHALMERS