ENERGIVISUALISERING I DASHBOARDS

– EN KVALITATIV STUDIE OM FÖRSTÅELSE OCH KOGNITIV BELASTNING

Kandidatuppsats i Informatik

André Absim & Fawaz Ali Alshmas

VT 2025:KANI41

HÖGSKOLAN
I BORÅS

Svensk titel: Energivisualisering i dashboards: En kvalitativ studie om förståelse och kognitiv belastning

Engelsk titel: Energy Visualization in Dashboards: A Qualitative Study on Understanding and Cognitive Load

Utgivningsår: 2026

Författare: André Absim & Fawaz Ali Alshmas

Handledare: Gideon Mbiydzenyuy

Abstract

Energy dashboard can make operational patterns visible but access to a visualization does not by itself ensure that users interpret it correctly. This qualitive study examines how users with different levels of technical and analytical experience interpret four static energy visualizations; a system efficiency gauge, a waste detection graph, an energy signature scatter plot and a peak load heatmap. The purpose is to explore how the visualizations support the identification and analysis of indicators of potentially inefficient operation, and how their design relates to perceived cognitive load.

The empirical material consists of semi-structured individual interviews with ten participants: Six of the users had limited experience of dashboards and energy data and four experts who work regularly with energy related measurement data, dashboards or technical analysis. The interviews included both experience oriented questions and concrete interpretation tasks. The documented answers were analyzed thematically. Cognitive Load Theory was subsequently used as an interpretive lens for distinguishing task related complexity, presentation related load and mental processing that supported pattern recognition and understanding.

The findings show that perceived clarity and demonstrated interpretation must be separated. The gauge was visually simple and quick to scan, but two less experienced participants interpreted its blue color as a sign of efficient operation even though the displayed value was below the reference mark. The waste detection graph enabled all participants to identify the classified inefficient area, additionally all participants were able to use the time information, as well as the supply and return temperatures, to identify time periods and analyze the change in ΔT. The scatter plot required more active integration of variables, yet its trend line enabled all participants to identify the overall negative relationship.

Experts differed mainly through more cautious, domain-based explanations and requests for additional context. The heatmap made a large amount of information manageable through color and spatial structure, although exact temporal reading remained difficult for some participants.

The study concludes that no visualization is generally best. Effective support depends on the fit between the user's experience, the analysis task, the amount and structure of information and the explicitness of labels, thresholds and color semantics. The contribution is a task oriented account of how semantic cues can both reduce unnecessary cognitive load and create confident misinterpretation, and how complementary visualizations can support a progression

from status overview to problemn localization, relationship analysis, temporal pattern recognition.

Keywords: Energy visualization, dashboards, Cognitive Load Theory, data visualization, energy waste, user understanding, cognitive load, user experience, energy signature scatter plot, heatmap, semantic visualizations, energy data.

Sammanfattning

Energidashboards kan synliggöra driftmönster, men att ha tillgång till en visualisering innebär inte automatiskt att användaren tolkar den på rätt sätt. Denna kvalitativa studie undersöker hur användare med olika teknisk och analytisk erfarenhet tolkar fyra statiska energivisualiseringar: en System Efficency Gauge, en Waste Detection-graf, en Energy Signature Scatter Polt och en Peak Load Heatmap. Syftet är att undersöka hur dessa visualiseringar stödjer identifiering och analys av indikatorer på potentiellt ineffektiv drift samt hur utformning hänger samman med upplevd kognitiv belastning.

Det empiriska materialet består av semistrukturerade intervjuer med tio deltagare: sex användare med begränsad erfarenhet av dashboards och energidata samt fyra experter som arbetar kontinuerligt med energirelaterade mätdata, dashboards eller teknisk analys. Intervjuerna inkluderade både upplevelsefrågor och konkreta tolkningsuppgifter. De dokumenterade svaren analyserades tematiskt. Därefter användes Cognitive Load Theory som en analytisk lins för att skilja mellan uppgiftens inre komplexitet, belastning som skapades av presentationen och mental bearbetning som underlättade förståelse och mönsterigenkänning.

Resultatet visar att upplevd klarhet behöver skiljas från visad tolkningsförmåga. Gauge-visualiseringen var visuellt enkel och snabb att läsa av, men två mindre erfarna deltagare tolkade den blå färgen som ett tecken på effektiv drift trots att värdet låg under referensmarkeringen. Waste Detection-grafen gjorde det möjligt för alla deltagare att upptäcka det identifierade ineffektiva området. Dessutom kunde alla deltagare använda tidsinformationen samt framlednings- och returtemperaturen för att identifiera tidsperioder och analysera förändringen i ΔT. Skillnaden mellan grupperna låg främst på hur djupt resonemanget gick, där experterna gav mer utvecklade tekniska resonemang. Scatter plot-visualiseringen krävde mer aktiv sammanvägning av variabler, men trendlinjen gjorde att samtliga deltagare kunde identifiera det övergripande negativa sambandet. Experternas skillnader låg främst i försiktigare domänbaserade förklaringar och efterfrågan på mer kontext. Heatmapen gjorde en stor informationsmängd hanterbar genom färg och rumslig struktur, även om exakt tidsavläsning var svår för vissa deltagare.

Studiens slutsats är att ingen visualisering är generellt bäst. Stödet beror på hur väl användarens erfarenhet analysuppgiften, informationens mängd och struktur samt hur tydligt etiketter, gränsvärden och färgsemantisk förklaras. Kunskapsbidraget är en uppgiftsorienterad förståelse av hur semantiska signaler både kan minska onödig kognitiv belastning och leda till felaktiga tolkningar, samt hur kompletterande visualiseringar kan stödja en progression från statusöverblick till problemlokalisering, sambandsanalys och tidsmässig mönsterigenkänning.

Nyckelord: Energivisualisering, dashboards, Cognitive Load Theory, datavisualisering, energislöseri, användarförståelse, kognitiv belastning, användarupplevelse, Energy Scatter Plot, heatmap, semantiska visualiseringar, energidata.

1 Inledning & Bakgrund 7
1.1 Forskningsöversikt 7
1.2 Problemdiskussion 10
1.3 Problemformulering 11
1.4 Syfte och forskningsfråga 11
1.5 Målgrupp för arbetet 12
2 Metod 12
2.1 Forskningsmetod 12
2.2 Urval 13
2.3 Datainsamling 15
2.4 Dataanalys 18
2.5 Metodreflektion 19
3 Litteratur och teoretisk referensram 21
3.1 Visualisering som informationspresentation 22
3.2 Semantiska visualiseringar och informationsöversikt 22
3.3 Analytiska visualiseringar och multivariat analys 23
3.4 Anpassning till olika användargrupper 23
3.5 Cognitive Load Theory (CLT)- Introduktion och relevans 24
3.6 Etiska övervägande kopplade till visualisering och Cognitive Load Theory 25
4 Resultat och analys 26
4.1 Översikt över datainsamling och deltagarprofil 26
4.2 System Efficiency Gauge/Waste Gauge 28
Vad deltagarna uppfattade och hur de tolkade läget 28
4.3 Waste Detection-graf / tekniskt diagram 29
4.4 Energy Signature Scatter Plot 30
4.5 Peak Load Heatmap 32
4.6 Jämförelse mellan deltagarna och expertanvändare 32
4.7 Sammanfattning av analysen 33
5 Diskussion och slutsatser 33
5.1 Diskussion av studiens resultat 34
5.2 Diskussion utifrån Cognitive Load Theory 35
5.3 Diskussion av studiens kunskapsbidrag 36
5.4 Metoddiskussion 36
5.5 Slutsatser 37
6. Källförteckning 38
7. Bilaga 1- Intervjuguide 39
Introduktion till deltagaren 39
Del 1- Bakgrundsfrågor 40
Del 2 – System Efficiency Gauge / Waste Gauge 40
Del 3- waste detection-graf/tekniskt diagram 40
Del 4 – Energy Signature Scatter Plot 41
Del 5-Peak Load Heatmap 42
Del 6 - Jämförande frågor 43
Avslutande fråga 43
8. Begreppslista 43

1 Inledning & Bakgrund

Digital energi och fastighetssystem kan samla stora mängder data så som temperaturer, energianvändning och variationer över tid. Datatillgången har däremot ett begränsat praktiskt värde om användaren inte kan avgöra vad dessa värden innebär, vilka mönster som är relevanta eller när ett driftläge borde undersökas närmare. Visualisering blir därför inte enbart ett sätt att presentera data, utan en del av informationssystemets stöd för förståelse, analys och beslut.

Energidata är en relevant kontext för att flera variabler ofta behöver tolkas tillsammans. En hög energianvändning är inte i sig detsamma med ineffektiv drift. Nivån kan exempelvis hänga samman med väder, belastning eller verksamhet. På samma sätt bevisar en enskild avvikande punkt inte att energi faktiskt har gått förlorad. I denna studie används därför begreppet indikator på potentiellt ineffektiv drift för visuella mönster eller gränsöverskridanden som motiverar vidare undersökning. Den avgränsningen skiljer mellan faktisk energianvändning, teknisk ineffektivitet och vad som kan utläsas ur en visualisering.

Tidigare forskning visar att visualiseringsformen har betydelse för hur energiinformation förstås. Herrmann, Brumby, Oreszczyn och Gilbert (2018) fann exempelvis att en normaliserad, disaggregerad presentation gav bättre förståelse och högre säkerhet än traditionella tidsserier i en studie om hushållsel. Nimbarte, Smith och Gopalakrishnan (2024) visar på liknande sätt att dashboards med tydliga visuella indikatorer kunde ge snabbare svar och lägre upplevd arbetsbelastning än vyer dominerade av linjediagram och tabeller. Sådana resultat talar för att semantiska signaler kan stödja snabb avläsning. De säger däremot mindre om hur en användare som upplever en bild som enkel också förstår den tekniska betydelsen av ett visat värde.

Energivisualisering ställer dessutom olika krav beroende på uppgiften. En sammanfattande indikator kan vara tillräcklig för att uppmärksamma ett avvikande läge, medan felsökning kan kräva att användaren jämför temperaturer, spridning, tidsfönster och relationer mellan flera variabler. Vera-Piazzini, Scarpa och Peron (2023) framhåller att grafiska representationer inom byggnadsenergi behöver väljas utifrån både analysmål och användare.
Al-Kababji et al. (2022) visar samtidigt att visualiseringar som upplevs som lättbegripliga eller estetiskt tilltalande inte nödvändigtvis ger bäst resultat på konkreta analysfrågor. Skillnaden mellan upplevd tydlighet och visad tolkning är därmed central.

Studiens visualiseringar skapades i Power BI utifrån ett dataset som gavs av handledaren. Datasetet innehåller energi och temperaturvariabler och användes som underlag för de fyra bilder som deltagarna fick se. Underlaget dokumenterar inte säkert byggnadstyp, exakt mätperiod eller om samtliga värden utgör verkliga driftmätningar. Såna egenskaper kopplas därför inte till datasetet. Studien bedömer inte heller den faktiska energiprestandan i en viss byggnad, utan undersöker deltagarnas tolkning av de visuella indikatorerna.

Mot denna bakgrund fokuserar examensarbetet på hur fyra olika energivisualiseringar stödjer skilda analysuppgifter för användare med olika erfarenhet. Genom att kombinera upplevelsefrågor med konkreta tolkningsuppgifter blir det möjligt att undersöka både vad deltagarna uppfattar som tydligt och vad de faktiskt kan tolka ur bilderna. CLT används för att analysera varför samma informationsmängd och design kan innebära olika former av mental belastning beroende på uppgift och förkunskap.

1.1 Forskningsöversikt

Forskningen on energivisualisering är överens om att grafisk presentation kan göra stora och tidsberoende datamängder mer tillgängliga, men resultaten visar dock att effekten beror på hur informationen struktureras och vad användaren ska göra med den. Vera-Piazzini, Scarpa och Peron (2023) beskriver att brett område av grafiska metoder för byggnadssimulering och energiuppföljning. Visualiseringarna används bland annat för att jämföra värden, identifiera avvikelser och kommunicera resultat. Jüstel et al. (2024) visar i en annan energikontext hur kartor och jämförelsevisualiseringar kan synliggöra geografiska skillnader i stora datamängder. På ett gemensamt sätt betraktas visualisering som ett verktyg för analys, inte endast som visuell framställning.

Studier som specifikt undersöker användarförståelse visar dock att mer data inte alltid ger bättre insikt. I Herrmann et al. (2018) jämfördes sammanställda och detaljerade tidsserier med en normaliserad visualisering som minskade tidsaspekten. Deltagarna som använde den normaliserade presentationen gjorde mer korrekta bedömningar av hushållsaktiviteters elanvändning och var säkrare i sina svar. Resultatet pekar på att en visualisering kan bli tydligare när informationsstrukturen ligger närmare den uppgift användaren ska lösa. Detta ska inte tolkas som att förenkling alltid är den bästa vägen, utan som att relationen mellan representation och analysuppgift är avgörande.

Nimbarte, Smith och Gopalakrishnan (2024) jämförde tre energidashboards för mindre företag genom prestationsmått och efterföljande enkät. Vyn med Gauges, cirkeldiagram och signaler gav snabbare var och lägre mental och tidsmässig belastning än vyer med linjediagram och tabeller. Resultatet stödjer användningen av tydliga visuella indikatoter när målet är snabb statuskontroll. Samtidigt undersökte studien dashboards som helheter, medan det fortfarande behövs närmare kunskap om hur enskilda signaler, gränsvärden och färger påverkar korrekt eller felaktig tolkning.

Forskningen om eco-feedback breddar bilden. Chalal,Medjdoub, Bezai, Bull och Zune (2022) sammanställer ett stort antal studier och visar att statiska, spelbaserade, geospatiala och mer konstnärliga visualiseringar används för att påverka förståelse, engagemang och beteende. Översikten betonar att tekniken måste väljas med hänsyn till målgrupp och situation. Henni, Franz, Staudt, Peukert och Weinhardt (2022) utvärderar ett interaktivt visualiseringsverktyg inom byggsektorn med fokus på energiförståelse. Tillsammans visar dessa studier att visualiseringens värde inte endast beror på om data är korrekt, utan också på om användaren kan sätta information i ett relevant sammanhang.

Al-kababji et al. (2022) Ger ett viktigt nyanserande resultat. I en mobil studie med 133 deltagare jämfördes konventionella diagram, såsom linje- och stapeldiagram, med bland annat heatmaps och spiraldiagram. De traditionella visualiseringarna fick högre skattningar av tydlighet, effektivitet och estetik, medan de mer utvecklade visualiseringarna gav en högre andel korrekta svar på analysfrågorna. Studien visar därmed att subjektiv bedömning och faktisk uppgiftsprestation kan ge olika indikationer. Denna distinktion är särskilt viktig för den aktuella studien, där deltagarna både redogör för sin upplevelse och utför specifika tolkningsuppgifter.

Komplexitet bör därför förstås på flera nivåer. Ke, Liao, Li och Luo (2023) visar att mängden information och användarnas kognitiva stil påverkar hur mycket belastning som uppstår vid arbete med visualiserade dashboards. En tät visualisering kan kräva mer visuell sökning, men tydlig gruppering, trendlinjer eller färgmönster kan samtidigt hjälpa användaren att organisera

informationen. Expertis förändrar också förutsättningarna, en användare som känner till ett tekniskt samband kan se flera datapunkter som en meningsfull struktur, medan samma punkter för en ovan användare kan upplevas som störningar. En visuellt enkel gauge kan omvänt ha låg perceptuell belastning men hög begreppslig belastning om användaren inte förstår måttet.

Tidigare forskning stödjer alltså tre huvudsakliga slutsatser. För det första påverkar hur energidata presenteras förståelsen. För det andra måste designen anpassas efter både användaren och uppgiften. För det tredje är upplevd enkelhet inte ett säkert mått på korrekt tolkning. Forskningen har dock i mindre utsträckning jämfört hur mindre erfarna användare och yrkesverksamma experter resonerar kring samma uppsättning statiska, diagnostiskt inriktade energivisualiseringar, från sammanfattande status till multivariata och tidsbaserade analyser. Den aktuella studien undersöker detta genom att analysera fyra visualiseringar och genom att skilja mellan deltagarnas omdömen och deras visade tolkning.

Litteratursundersökningen utfördes huvudsakligen via Primo med fokus på forskning som var relevant för studiens forskningsfråga och metod. Den ursprungliga sökningen genomfördes i april 2026 och omfattade sakkunniggranskade artiklar på antigen svenska eller engelska. Cirka 16 artiklar granskades då närmare. De exakta söksträngarna dokumenterades dock inte vid det ursprungliga söktillfället, vilket begränsar möjligheten att återskapa denna del av sökprocessen. För att förbättra transparensen genomfördes därför en kompletterande litteratursökning den 15 juli 2026 i samband med revideringen av studien.

Den kompletterande sökningen utfördes i Primo och delades upp i ämnesspecifika och metodologiska sökningar. De ämnesspecifika söksträngarna var “energy visualization” AND user* AND understanding, dashboard* AND visualization AND “cognitive load” samt “ energy consumption” AND “data visualization” AND user*. För metodlitteraturen användes “thematic analysis” AND qualitative AND method*, “semi-structured interview” AND qualitative AND guide* samt interview* AND “social sciences” AND qualitative. Den första metodologiska sökningen användes för att identifiera metodlitteratur om tematisk analys. Sökningen om semistrukturerade intervjuer identifierade Kallio, Pietilä, Johnson och Kangasniemi (2016), som behandlar systematisk utveckling av kvalitativa semistrukturerade intervjuguider. Sökningen om intervjuer inom samhällsvetenskap identifierade (Knott, Rao, Summers & Teeger 2022), som behandlar kvalitativa intervjuer som metod och ger stöd för planering, genomförande och analys av intervjustudier. Sökningarna avgränsades till sakkunniggranskade vetenskapliga artiklar på svenska eller engelska.

Studier inkluderades om de var sakkunniggranskade och hade en tydlig koppling till studiens forskningsfråga eller metod. För de ämnesspecifika litteraturen innebär detta att studierna skulle fokusera på datavisualisering, energivisualisering, dashboards, användarförståelse, kognitiv belastning eller användares förmåga att tolka visuellt presenterad information. Studier som endast berörde teknisk energiprestanda utan en relevant visualiserings- eller användarperspektiv exkluderades. Publikationer exkluderades även om de inte var sakkunniggranskade eller saknade tydlig relevans för studiens forskningsfråga. Metodlitteratur inkluderades när den gav stöd för litteratursökning, tematisk analys eller bedömning av den kvalitativa analysens trovärdighet och spårbarhet.

Den kompletterande sökningen gav totalt 189 träffar. Efter granskning av titlar och abstract bedömdes 66 publikationer som relevanta för en närmare granskning och 7 inkluderades i litteraturunderlaget. Bland den ämnesspecifika litteraturen ingick bland annat Henni et al.

(2022), som behandlar visualisering som stöd för energiförståelse, och Al-Kababji et al. (2022), som undersöker olika visualiseringar av energiförbrukningsdata. Metodunderlaget omfattade Braun och Clarke (2006) för tematisk analys, Nowell, Norris, White och Moules (2017) för trovärdighet och spårbarhet i tematisk analys samt Okoli (2015) för principer kring transparent och dokumenterad litteratursökning. Sökprocessen presenteras i tabellen nedan.

Databas	Sökträng	Avgränsningar	Antal träffar	Granskade titlar/abstract	Inkluderade
Primo	"energy visualization" AND user* AND understanding	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	45	15	1
Primo	dashboard* AND visualization AND "cognitive load"	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	33	9	1
Primo	"energy consumption" AND "data visualization"AND user*	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	42	11	1
Primo	"thematic analysis" AND qualitative AND method*	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	21	8	1
Primo	"semi-structured interview" AND qualitative AND guide*	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	12	7	1
Primo	Interview* AND "social sciences" AND qualitative	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	9	4	1
Primo	"systematic literature review" AND methodology AND "information systems"	Peer reviewed, vetenskapliga artiklar, ENG/SWE	27	12	1

1.2 Problemdiskussion

Forskningsöversikten visar att tydliga indikatorer kan påskynda tolkningen och minska upplevd arbetsbelastning, medan mer detaljerade vyer kan stödja djupare analys. Denna motsats innebär dock inte att enklare visualisering är mer lämpliga för ovana användare och att komplexa visualiseringar är bättre för experter. En gauge kan vara lättläst men ändå kräva kunskap om vad ett temperaturdifferensvärde innebär. Ett scatter plot kan se tätt ut men

innehålla en trendlinje som gör huvudrelationen tillgänglig även för den som saknar domänkunskap.

Problemet kan därför delas in i visuell och begreppslig tydlighet. Visuell tydlighet handlar om att kunna identifiera färger, värden axlar och mönster. Begreppslig klarhet handlar om att förstå innebörden av dessa och vilka slutsatser underlaget medger. När en användare använder blått som en generell signal för att allt är bra kan den visuella enkelheten skapa en säker men felaktig slutsats. Om ett gränsvärden saknar förklaring måste användaren i stället fylla detta tomrum med tidigare erfarenheter eller antaganden.

En liknande skillnad kan förstås genom kognitiv belastning. Uppgiftens inneboende komplexitet växer när flera variabler och tekniska samband behöver vägas samman. Samtidigt kan presentationen leda till onödig belastning genom otydliga etiketter, överlappande punkter eller en svårnavigerad axelstruktur. Vissa former av ansträngning är däremot produktiva, exempelvis när en trendlinje hjälper användaren att identifiera ett samband eller när en heatmap gör att återkommande färgmönster kan jämföras.

Det finns alltså ett specifikt kunskapsproblem kring hur upplevd klarhet, faktisk tolkningsförmåga, erfarenhet och visualiseringens uppgift samverkan i energidashboards. För att belysa detta bör deltagarna inte bara ange vilken bild de föredrar, utan även visa hur de identifierar driftläge, avvikelser, samband och belastningstoppar samt vilka visuella eller numeriska tecken de baserar sina slutsatser på.

1.3 Problemformulering

Tidigare forskning visar att både hur visualiseringen utformad och användarens bakgrund påverkar hur energidata uppfattas. Det är dock fortfarande oklart hur användare med mindre erfarenhet samt professionella experter tolkar samma serie av energivisualiseringar med olika analysfunktioner, och hur deras uppleva tydlighet förhåller sig till den tolkning de visar i konkreta uppgifter.

Studiens kunskapsproblem handlar därför om matchningen mellan användarens erfarenhet, analysuppgiften och visualiseringens informationsstruktur. Det är särskilt avgörande att undersöka när semantiska signaler hjälper till med korrekt identifiering, när de leder till gissningar eller feltolkning och när en mer komplex visualisering skapar produktiv snarare än enbart belastande mental bearbetning.

1.4 Syfte och forskningsfråga

Syftet är att undersöka och jämföra hur deltagare med olika teknisk och analytisk erfarenhet tolkar fyra statiska energivisualiseringar. Studien analyserar hur deltagarna identifierar indikatorer på potentiellt ineffektiv drift, samband, avvikelser och belastningsmönster, vilka typer av visuella och numeriska signaler de använder samt hur de upplever den mentala ansträngningen. Genom Cognitive Load Theory utforskas relationen mellan uppgiftens komplexitet, visualiseringens presentation och deltagarnas tidigare kunskap.

Studien utgår från följande forskningsfråga:

Hur tolkar deltagare med olika teknisk kompetens och analysbehov de energivisualiseringarna, och hur upplever de visualiseringarnas stöd och kognitiva belastning vid identifiering av indikatorer på potentiellt ineffektiv drift?

1.5 Målgrupp för arbetet

Arbetet riktar sig främst mot forskare och studenter inom informatik, informationssystem, människa-datorinteraktion och datavisualisering. Studien är även relevant för systemvetare, UX-designers, energiingenjörer, energicontrollers, drifttekniker och utvecklare som skapar dashboards för användare med olika förkunskaper.

För dessa grupper bidrar studien med ett underlag för att välja visualisering baserat på uppgiften snarare än att leta efter en allmän "bästa" typ av diagram. Resultaten kan också vara användbara för organisationer som behöver kombinera snabb statusöverblick med fördjupad analys, eftersom de belyser vilka förklaringar, gränsvärden och visuella stöd som behöver vara tydliga för att minska risken för feltolkning.

2 Metod

Studien genomfördes med en kvalitativ och jämförande ansats. Det empiriska materialet består av semistrukturerade intervjuer där deltagarna fick ta del av samma fyra statiska visualiseringar och både beskriva sina upplevelser samt lösa konkreta tolkningsuppgifter. Upplägget valdes för att forskningsfrågan handlar om hur deltagarna resonerar, vilka tecken de använder och var osäkerhet uppstår. Studien mäter därför inte kausala effekter eller statiska skillnader mellan grupper, utan fokuserar på att utforska mönster och variationer i ett avgränsat material.

Visualiseringarna skapades i Power BI baserat på dataset som handledaren tillhandahöll. De representerar fyra analysfunktioner: en sammanfattning av status, identifiering av klassificerade ineffektiva observationer, analys av samband samt överblick över tidsmässiga belastningsmönster. Intervjusvaren analyserades tematiskt och tolkades därefter med stöd av Cognitive Load Theory.

2.1 Forskningsmetod

En kvalitativ metod valdes för att syftet med studien är att undersöka hur deltagarna tolkar visualiseringarna, vilka delar av graferna de använder i sina bedömningar och hur de tänker när de upplever tydlighet, osäkerhet eller kognitiv belastning. Kvalitativa intervjuer är lämpliga när forskaren vill få tillgång till deltagarnas egna beskrivningar av hur de förstår och tolkar fenomen (Knott et al., 2022). Studiens forskningsfråga kräver därför mer än en rangordning av visualiseringarna eller en mätning av hur många som föredrar en specifik visualisering. För att förstå varför en visualisering uppfattades som enkel eller svår behövde deltagarna beskriva hur de använde värden, färger, axlar, trendlinjer och mönster i sina resonemang.

Semistrukturerade intervjuer valdes för att de kombinerar en gemensam struktur tillsammans med en möjlighet för deltagarna att utveckla sina svar och förklara hur de kom fram till sina bedömningar. Kallio et al. (2016) påpekar att en semistrukturerad intervjuguide kan skapa en

systematisk grund för datainsamlingen samtidigt som intervjuformen ger utrymme att undersöka deltagarnas erfarenheter och resonemang mer ingående. I denna studie gjorde upplägget det möjligt att ställa samma centrala frågor och tolkningsuppgifter till samtliga deltagare, samtidigt som deras motiveringar och individuella sätt att tolka visualiseringarna kunde dokumenteras.

Processen av intervjuerna genomfördes individuellt, fysiskt eller via plattformen Zoom och varade i cirka 20–25 minuter per intervju. En av författarna ställde frågorna samtidigt som den andra dokumenterade deltagarens svar skriftligt under intervjun. Deltagarna fick en kort och likadan introduktion till studien och visualiseringarna och bilderna visades i en bestämd ordning. Intervjun spelades inte, istället dokumenterades svaren från samtliga tio deltagare och sammanställdes separat i en särskild intervjufil tillsammans med de frågor som ställdes. Det dokumenterade materialet gjorde det möjligt att i efterhand återgå till varje deltagares svar och jämföra svar både mellan enskilda deltagare och mellan de två grupperna. Eftersom intervjuerna inte ljudinspelades utgör materialet inte fullständiga ordagranna transkiptioner.

Intervjuguiden var semistrukturerad. De första frågorna kartlade erfarenhet av dashboard, diagram, energidata och analytiskt arbete. Efter det följde frågor om tydlighet och upplevd mental ansträngning samt uppgiftsbaserade frågor. Deltagarna hade i uppgift att bland annat bedöma driftläget i gauge-visualiseringen, identifiera ett ineffektivt område i waste detection-grafen, förklara sambandet och avvikare i scatter plot-visualiseringen samt identifiera belastningstoppar och återkommande mönster i heatmap. Kombinationen minskade beroendet av att endast subjektiva omdömen och gjorde det möjligt att även jämföra upplevd tydlighet med visad tolkning. Den fullständiga intervjuguiden med de visualiseringar och tolkningsuppgifter som användes under intervjuerna redovisas i Bilaga 1.

Kvalitativa frågor kan ändå påverka svaren genom ordval och den information som ingår i frågan. Därför behandlas deltagarnas motiveringar som viktigare än ett isolerat ja- eller nej svar. Vid analysen lades därför särskild vikt vid hur deltagarna motiverade sina svar och vilka delar av visualiseringarna de använde i sina resonemang. Detta gjorde det möjligt att skilja mellan ett rätt svar som byggde på förståelse av den presenterade informationen och ett svar som främst grundades på en direkt visuell bedömning.

2.2 Urval

Urvalet syftade till att få variation i erfarenhet. Det bestod av tio deltagare; sex användare med mindre kompetens inom området (U1-U6) och fyra experter (E1-E4). De mindre erfarna deltagarna hade inte arbetat med energidata eller dashboards och beskrev sin erfarenhet av diagram och analys som ingen, låg eller grundläggande. Experterna arbetade dagligen med dashboards, energirelaterade mätvärden, tekniska system eller dataanalys. Expertstatus grundades därför på beskriven yrkeserfarenhet, inte enbart på gruppbenämningen.

Deltagarna rekryterades via högskolan, handledaren och personliga kontakter. Urvalet syftade inte till att vara representativt för samtliga användare av energidashboards, utan till att skapa två analytiskt relevanta erfarenhetsgrupper. På så sätt uppnåddes en större empirisk balans jämfört med den tidigare versionen av studien, där expertgruppen endast bestod av en person.

Tabell 1. Deltagarnas erfarenhetsprofil.

Deltagare	Grupp	Relevant erfarenhet

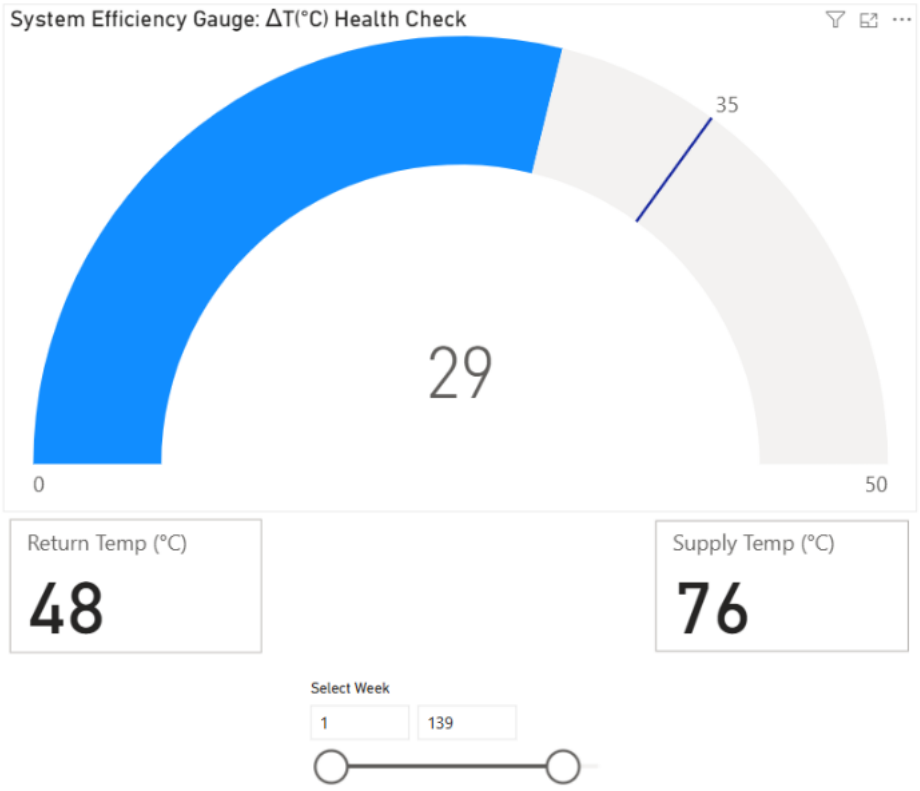
U1	Mindre erfaren	Ingen erfarenhet av dashboards, teknisk analys eller energidata; viss erfarenhet av vanliga matematiska diagram.
U2	Mindre erfaren	Ingen teknisk erfarenhet eller erfarenhet av dashboards och energidata; använder diagram i studier.
U3	Mindre erfaren	Begränsad teknisk och analytisk erfarenhet; använder sällan diagram och har inte arbetat med energidata.
U4	Mindre erfaren	Ingen dashboard- eller energierfarenhet; grundläggande erfarenhet av diagram sedan gymnasiet.
U5	Mindre erfaren	Mycket låg teknisk erfarenhet; använder ibland diagram i kurser och har inte arbetat med energidata.
U6	Mindre erfaren	Grundläggande vana av stapel- och linjediagram, men ingen teknisk utbildning, dashboards vana eller energierfarenhet.
E1	Expert	Flerårigt arbete med energiprestanda, temperaturer, effekttoppar och avvikelser; använder Power BI och analysverktyg dagligen.
E2	Expert	Teknisk och driftorienterad erfarenhet av styr- och reglerteknik, värme, ventilation, BMS/SCADA-liknande system och mätdata.
E3	Expert	Analytiskt arbete med energi, fastighetsekonomi,

		nyckeltal, temperaturer och uppföljnings dashboards.
E4	Expert	Dataanalytisk erfarenhet av statistiska samband, trender, datakvalitet och energirelaterade mätdata från tekniska system.

2.3 Datainsamling

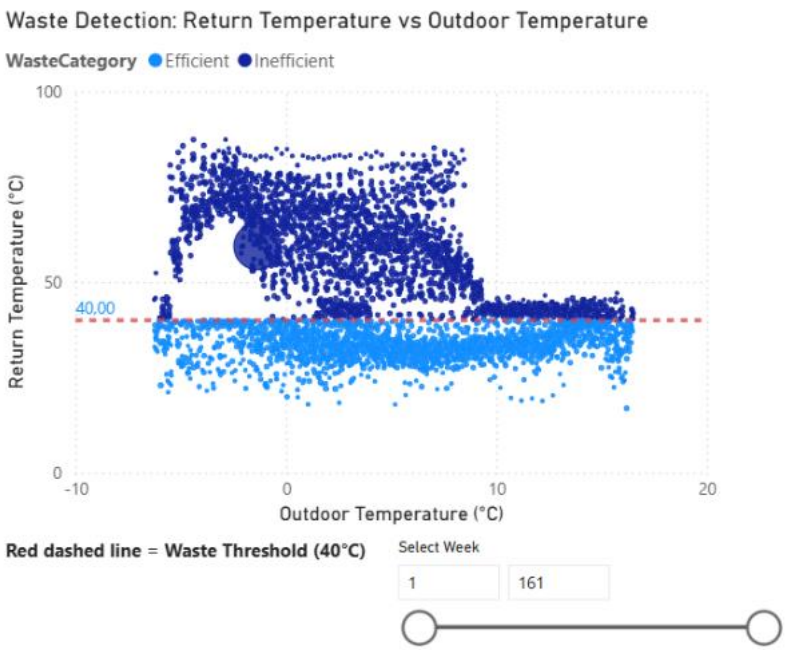
Datainsamlingen genomfördes enligt ett gemensamt grundupplägg för samtliga intervjuer. Inledningsvis informerades deltagaren om studiens syfte, deltagandets frivillighet och hur svaren skulle hanteras, därefter så inhämtades muntligt samtycke. Därefter gavs en kort introduktion och de fyra visualiseringarna presenterades en i taget. Frågorna ställdes i turordning och deltagaren bads att tolka respektive visualisering och motivera sina svar medan den andra författaren dokumenterade svaren. Intervjun avslutades med jämförande frågor som bland annat handlade om tydlighet, analytisk användbarhet, komplexitet och målgrupp. Det visuella underlaget som användes under intervjuerna innehöll den information som kräves för respektive tolkningsuppgift. I delen om waste detection hade deltagarna tillgång till tidsinformation samt framlednings- och returtemperatur och resonemang kring förändringar i ΔT. Den fullständiga waste detection-visualiseringen som användes under intervjuerna finns i Bilaga 1 tillsammans med intervjuguiden. Samtliga deltagares svar dokumenterades skriftligt i koppling till intervjufrågorna och sparades separat för varje deltagare. Det dokumenterade materialet användes efteråt som ett underlag för kodning, jämförelser mellan deltagarna och den tematiska analysen.

Datasetet importerades till Power BI och innehöll bland annat värden för framledningstemperatur, returtemperatur, utomhustemperatur och olika energirelaterade variabler. Temperatur differensen, ΔT, beräknades som skillnaden mellan framlednings- och returtemperaturen. Datasetet låg till grund för de visualiseringar som användes i intervjuerna, men informationen om byggnadens kontext och den exakta mätperioden var begränsad. Analysen fokuserar därför på hur deltagarna tolkade visualiseringarna, snarare än på att verifiera faktiska energiförluster i en specifik anläggning.



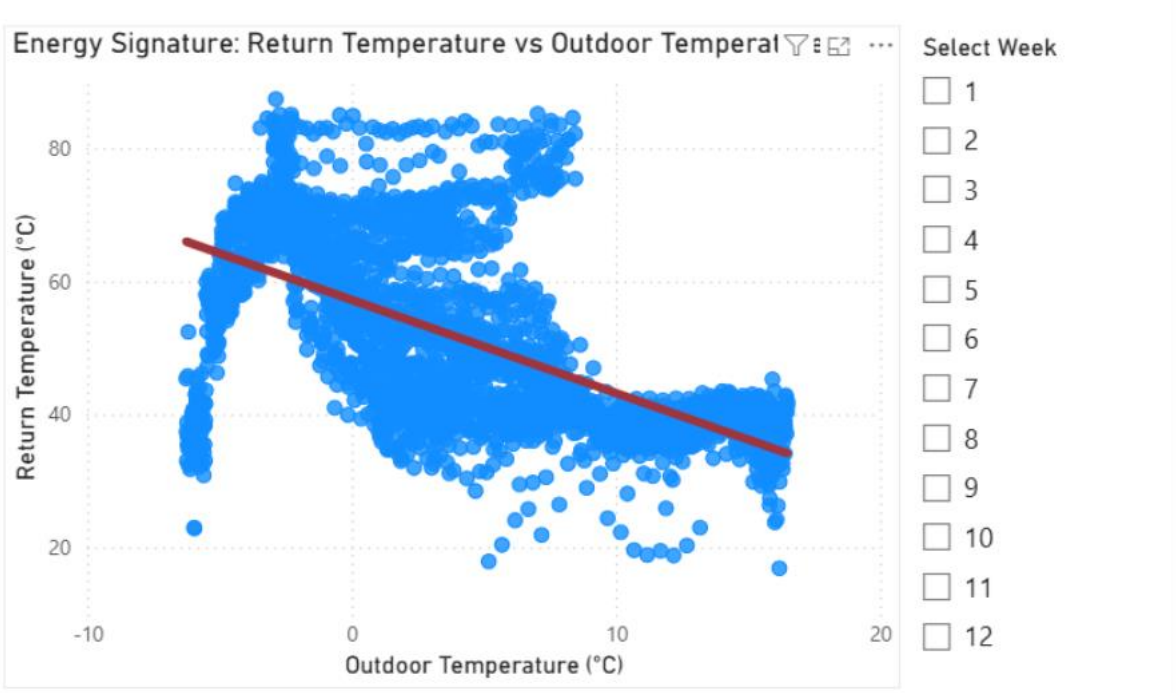
Figur 1. System Efficiency Gauge med ΔT, referensmarkering samt framlednings- och returtemperatur.

System efficiency gauge sammanfattar temperaturdifferensen mellan framledning och retur. I visualiseringen visas en framledningstemperatur p¨29°C och en returtemperatur på 49°C, vilket ger en ΔT på 28°C. En referensmarkering vid 35°C visar hur det aktuella värdet förhåller sig till referensnivån. Visualiseringen användes för att undersöka hur deltagarna snabbt bedömde systemets status, tolkade referensvärdet och vilka visuella tecken de använde för att avgöra om driften kunde uppfattas som effektiv eller ineffektiv. Det är samtidigt viktigt att betona att visualiseringen endast visar ett värde i relation till en referens och därför inte i sig kan användas för att fastställa faktisk energiförlust



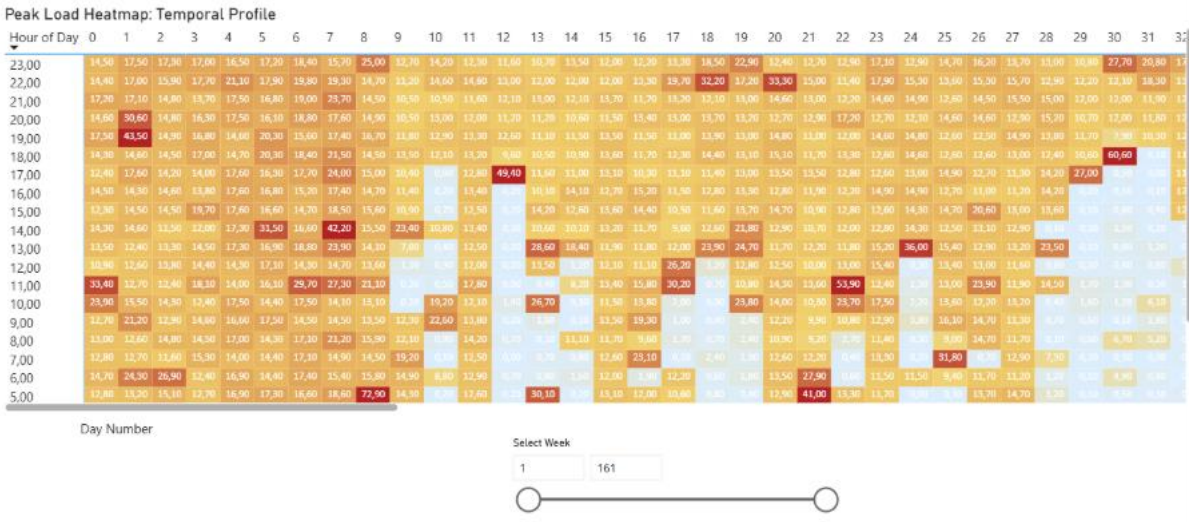
Figur 2. Waste Detection-graf med returtemperatur mot utomhustemperatur och en tröskel vid 40 °C.

Waste detection- grafen visar returtemperaturen på y-axeln och utomhustemperaturen på x-axeln. Punkterna är färgkodade som “efficient” eller “inefficient” utifrån en röd, streckad tröskellinje vid 40°C. Grafen användes för att undersöka hur deltagarna identifierade områden som kunde tyda på ineffektiv drift och hur de använde temperatur- och tidsinformation för att tolka resultatet. I intervjuunderlaget fanns även den tidsinformation samt de framlednings- och returtemperaturer som behövdes för de tillhörande uppgifterna. Deltagarna kunde därför identifiera relevanta tidsperioder och resonera kring förändringar i ΔT utifrån den infromation som presenterades. Visualiseringen användes därmed främst för att undersöka hur deltagarnas sätt att tolka och resonera kring potentiellt ineffektiv drift, snarare än för att fastställa faktiskt energiförlust.



Figur 3. Energy Signature Scatter Plot med returtemperatur, utomhustemperatur och övergripande trendlinje.

Energy signature scatter plot visar sambandet mellan returtemperatur och utomhustemperatur. En nedåt lutande röd trendlinje visar den övergripande relationen mellan variablerna. Deltagarna fick beskriva detta samband, identifiera punkter som avvek från det övergripande mönstret och resonera kring vilka användare som skulle kunna ha nytta av visualiseringen. I den statiska bild som användes i intervjuerna kodade punktstorleken ingen ytterligare variabel och behandlades därför inte som en del av det empiriska resultatet.



Figur 4. Peak Load Heatmap med dagnummer, timme, cellvärden och färgintensitet.

Peak load heatmap visar belastningen fördelad över olika dagar och timmar. Genom färgintensiteten blir högre belastningsvärden mer framträdande, vilket gör det lättare att upptäcka variationer i belastningen. Deltagarna fick bland annat identifiera en tydlig topp,

beskriva återkommande mönster över tid och bedöma om färgkodningen gjorde den stora mängden infromation lättare eller svårare att överblicka.

2.4 Dataanalys

De tio intervjuerna analyserades genom tematisk analys med stöd i Braun och Clarke (2006). Eftersom samtliga deltagares svar var dokumenterade utifrån respektive intervjufråga kunde materialet gås igenom flera gånger och jämföras både inom och mellan olika erfarenhetsgrupperna. Metoden valdes eftersom syftet inte bara var att sammanställa deltagarnas svar, utan också att identifiera återkommande mönster, skillnader mellan erfarenhetsgrupperna och svar som avvek från det övergripande resultatet. Den första delen av analysen genomfördes huvudsakligen induktivt, vilket innebar att koderna utfick från det som deltagarna faktiskt hade sagt. Cognitive load theory användes först i ett senare tolkningssteg för att sätta resultaten i ett teoretiskt sammanhang. Teorin användes därmed inte för att på förhand bestämma vilka koder eller teman som skulle identifieras

Analysarbetet genomfördes i sex sammanhängande steg. Först lästes samtliga svar igenom flera gånger för att skapa en helhetsbild och bli väl förtrogen med materialet. Därefter identifierades meningsbärande delar av svaren och kodades med korta beskrivningar. Exempel på koder var korrekt identifiering, färgboende, oklar gräns, värdbaserad tolkning, trendlinjen som stöd, visuellt brus, avvikelseidentifiering, tidsinformation som stöd och temperaturjämförelse. I nästa steg jämfördes koderna mellan deltagarna och mellan erfarenhetsgrupperna. Koder som återkom och beskrev ett gemensamt mönster grupperades därefter till preliminära teman. Dessa teman granskades sedan mot det samlade materialet för att säkerställa att de hade stöd i deltagarnas svar, som sedan avgränsades och namngavs. I det sista steget relaterades de identifierade teman till studiens forskningsfråga och tolkades med stöd av Cognitive Load Theory (CLT).

Analysen resulterade i fem övergripande teman: (1) snabb avläsning är inte detsamma som teknisk förståelse, (2) färg, etiketter och gränsvärden kan både underlätta tolkningen och bidra till feltolkningar, (3) trendlinjer och visuella strukturer kan stödja analys även när datamängden är omfattande, (4) erfarenhet påverkar framför allt djupet och försiktigheten i resonemangen snarare än enbart om svaren är rätt eller fel, samt (5) visualiseringarna fyller olika men kompletterande funktioner i ett sammanhängande analysflöde. Teman presenteras genom de befintliga avsnitten om visualiseringarna i kapitel 4

Nowell et al. (2017) betonar vikten av en tydlig koppling mellan råmaterial, koder, teman och den slutliga tolkningen för att en tematisk analys ska vara trovärdig. För att göra analysprocessen så spårbar som möjligt redovisas i kapitel 4 deltagarprofiler, centrala koder, resultat från uppgifterna, avvikande fall och korta autentiska utdrag från de dokumenterade svaren. Eftersom intervjuerna inte spelades in bör citaten förstås som återgivningar av formuleringarna i intervjuanteckningarna och inte som verifierade ordagranna transkriptioner.

Cognitive load theory användes för att tolka tre typer av kognitiv belastning. Inneboende kognitiv belastning handlar om den komplexitet som finns i själva uppgiften och det kunskap som krävs för att lösa den, exempelvis att förstå ΔT eller att samtidigt tolka två axlar och ett punktmål. Onödig kognitiv belastning syftar på krav som uppstår genom hur informationen presenteras, exempelvis otydlig färgkodning, en tröskel som saknar förklaring eller tätt överlappande datapunkter. Meningsskapande kognitiv belastning handlar i sin tur om den aktiva bearbetning som bidrar till att deltagaren kan urskilja samband och mönster,

exempelvis med hjälp av en trendlinje eller en sammanhängande färgstruktur. Dessa kategorier användes endast när det fanns stöd för dem i deltagarnas svar.

2.5 Metodreflektion

Studiens främsta styrka är kombinationen av frågor om deltagarnas upplevelser och konkreta tolkningsuppgifter. Detta gjorde det möjligt att identifiera situationer där en deltagare uppfattade en visualisering som tydlig, men samtidigt använde exempelvis färgkodning eller ett antaget gränsvärde på ett sätt som ledde till en osäker eller felaktig slutsats. Att fyra experter med olika men relevanta yrkesperspektiv deltog gav dessutom ett bredare underlag än den tidigare versionen av studien, där endast en expert inkluderades.

Samtidigt är urvalet litet, strategiskt och ojämnt fördelat mellan sex mindre erfarna deltagare och fyra experter. Rekryteringen genom högskolan, handledaren och personliga kontakter kan även ha inneburit ett inslag av bekvämlighetsurval och därmed begränsat variationen bland deltagarna. Resultaten bör därför förstås som mönster som framkom i just denna studie och kan inte användas för statistiska generaliseringar till alla experter eller mindre erfarna användare.

En begränsning i studien är att intervjuerna inte ljudinspelades och därför inte kunde transkriberas ordagrant i efterhand. Samtidigt dokumenterades samtliga 10 deltagares svar skriftligt under intervjuerna och sammanställdes separat för varje deltagare och intervjufråga. Detta gjorde det möjligt att återvända till det dokumenterade materialet under kodningen, kontrollera svaren och jämföra återkommande mönster både mellan enskilda deltagare och mellan erfarenhetsgrupperna. Den skriftliga dokumentationen bidrar därmed till analysens spårbarhet, även om den inte kan ersätta en fullständig ljudinspelning och ordagrann transkribering. Nyanser i deltagarnas formuleringar, pauser och tonfall, liksom sådant som inte dokumenterades under intervjuerna, går inte att kontrollera i efterhand. Analysen utgår därför från de dokumenterade intervjusvaren och undviker mer detaljerade språkliga tolkningar som förutsätter tillgång till ordagranna transkriptioner. I linje med Nowell et al. (2017) redovisas analysprocessen, kopplingen mellan dokumenterade svar, koder och teman samt avvikande fall. Detta bidrar till en mer transparent analys och ger läsaren möjlighet att bedöma hur resultaten har vuxit fram ur det empiriska materialet.

Deltagarna bedömde visualiseringarna som statiska bilder och hade därför inte möjlighet att filtrera, hovra, zooma eller gå från en översikt till underliggande data. Detta kan ha ökat den kognitiva belastningen vid tolkning av täta diagram och samtidigt begränsat experternas möjligheter att undersöka och felsöka detaljer. Resultaten bör därför förstås som deltagarnas tolkning av visualiseringarna i intervjusituationen och inte som en utvärdering av hur en fullt interaktiv Power BI-dashboard skulle fungera i praktiken.

Intervjuguiden innehöll även uppgifter där deltagarna skulle identifiera en specifik tidsperiod och resonera kring förändringen mellan framlednings- och returtemperatur. Den information som behövdes för dessa uppgifter fanns tillgänglig i det underlag som deltagarna hade tillgång till under intervjuerna. I de statiska figurer som återges i uppsatsen visas däremot inte alltid hela detta underlag. Det kan därför se ut som att vissa frågor är svåra att besvara enbart utifrån de återgivna figurerna. Bedömningen av deltagarnas svar utgick därför från det fullständiga underlag som presenterades under intervjun och inte enbart från de beskurna eller statiskt återgivna figurerna i rapporten.

Den begränsade dokumentationen av datasetet innebär att studien inte kan uttala sig om en specifik byggnad, mätperiod eller verifierad energiförlust. De tröskelvärden som användes i visualiseringarna behandlades som givna delar av tolkningsuppgifterna. Samtidigt påpekade experterna att ett tekniskt omdöme om systemets effektivitet kräver kunskap om hur gränsvärdet har fastställts för det aktuella systemet. Slutsatserna formuleras därför med fokus på hur deltagarna tolkade indikatorer på potentiellt ineffektiv drift, snarare än som bekräftade bedömningar av faktiskt energiförlust.

Den ursprungliga litteratursökningen genomfördes via primo och dokumenterade bland annat databas, tidpunkt, språk och ungefärligt antal granskade artiklar. De exakta söksträngarna dokumenterades däremot inte vid det ursprungliga söktillfället, vilket begränsar möjligheten att i efterhand återskapa den första sökprocessen. För att minska denna begränsning genomfördes en kompletterande litteratursökning under revideringen av studien. Vid denna sökning dokumenterades databas, exakta söksträngar, avgränsningar, antal träffar och urvalsprocess. Okoli (2015) påpekar hur viktigt det är med en tydligt redovisad och systematisk process för att en litteraturöversikt ska vara transparent och möjlig att bedöma. Den kompletterande sökningen bidrar därför till ökad transparens i litteratururvalet, men kan inte helt kompensera för den bristande dokumentationen från den ursprungliga sökningen. Studien gör därför inte anspråk på att utgöra en fullständig systematisk litteraturöversikt.

3 Litteratur och teoretisk referensram

Det här kapitlet presenterar de begrepp som används för att tolka resultaten. I kapitel 1 sammanfattades tidigare forskning om energivisualisering och vad dessa studier har kommit fram till. Här ligger fokus i stället på visualiseringens roll som informationsbärare, skillnaden

mellan semantiska och analytiska representationer, vilken betydelse användarens erfarenhet har samt de tre formerna av kognitiv belastning enligt CLT.

3.1 Visualisering som informationspresentation

En dashboard ät ett visuellt gränssnitt där flera mått och representationer samlas för att ge användaren en överblick och stöd i analysen. Inom energiområdet kan dashboards exempelvis användas för att följa energianvändning, temperaturer, effekttoppar och avvikelser. Vera-Piazzini, Scarpa och Peron (2023) visar att grafiska representationer har en central roll inom både byggnadssimulering och övervakning. Genom visualisering blir det lättare att upptäcka mönster och göra jämförelser utan att behöva gå igenom rådata rad för rad.

Vilka slutsatser som kan dras beror samtidigt på vilken information visualiseringen faktiskt visar. Ett numeriskt energivärde beskriver den faktiska användningen utifrån den definition och tidsperiod som måttet omfattar. Ineffektiv drift är däremot ett tekniskt tillstånd där resurser inte används på det sätt som är avsett. En färgmarkering, en tröskel eller en avvikande punkt kan därför inte i sig bevisa ineffektiv drift, utan fungerade snarare som en signal om att något avviker från det förväntade. För att tolka en sådan signal behöver den sättas i relation till sammanhanget, andra variabler och datakvaliteten.

De fyra visualiseringarna i studien skiljer sig också åt när det gäller vilken typ av information de förmedlar. Gauge-vyn ger en sammanfattning av ett aktuellt ΔT medan waste detection-grafen visar flera klassificerade observationer i förhållande till en tröskel. Energy signature Scatter Plot synliggör samband och spridning mellan två variabler och heatmapen organiserar ett större antal värden utifrån dag och timme. Skillnaden mellan visualiseringarna handlar därför inte endast om hur många datapunkter som visas, utan framför allt om vilka typer av frågor som respektive visualisering kan hjälpa användaren att besvara.

3.2 Semantiska visualiseringar och informationsöversikt

Semantiska visualiseringar använder visuella signaler som har en direkt eller inlärd betydelse, till exempel statusord, färg zoner, varningssymboler och tydliga gränser. Sådana signaler kan göra det enklare att snabbt förstå ett större antal värden genom att sammanfatta informationen visuellt. Nimbarte, Smith och Gopalakrishnan (2024) visar att gauges och andra tydliga visuella element kan bidra till snabbare svar och lägre upplevd arbetsbelastning i energidashboards.

En semantisk signal är dock bara användbar om dess betydelse är tydlig och korrekt. En färg som blå kan exempelvis uppfattas som neutral, kall, aktiv eller som att något är “okej”, beroende på sammanhang och tidigare erfarenheter. På samma sätt kan en ensam markering vid 35 tolkas som ett målvärde, ett maxvärde eller en gräns om det inte framgår vad den presenterar. Om användaren själv behöver fylla i sådana tolkningsluckor finns en risk att den visuellt enkla representationen döljer en osäker teknisk förståelse.

Waste detection-grafen kombinerar flera semantiska element med en stor mängd datapunkter. Legenden skiljer mellan “Efficient” och “inefficient”, samtidigt som en röd tröskellinje vid 40°C markerar en tydlig gräns. Visualiseringen är därför varken helt enkel eller enbart analytiskt. Färgerna och tröskellinjen gör det möjligt att snabbt identifiera ett klassificerat

område, medan punkt fördelningen ger användaren möjlighet att undersöka data mer detaljerat. Det visar att en visualisering behöver bedömas utifrån både hur informationen är kodad och vilken uppgift användaren ska lösa.

3.3 Analytiska visualiseringar och multivariat analys

Analytiska visualiseringar kräver i större utsträckning att användaren själv sätter ihop informationen från olika delar av bilden. I ett scatter plot behöver exempelvis axlar, punktplacering, spridning, kluster och trender tolkas tillsammans. En trendlinje kan underlätta genom att visa ett övergripande samband, men den förklarar inte varför sambandet finns och ska därför inte tolkas som ett bevis på orsakssamband. En erfaren användare kan exempelvis använda avvikande värden för att formulera hypoteser om driftläge eller datakvalitet, men behöver ofta ytterligare information för att kunna undersöka om hypoteserna stämmer.

Heatmaps är också analytiska, men informationen bearbetas på ett annat sätt. Värdena organiseras rumsligt och färgintensiteten används för att tydliggöra likheter, skillnader och mönster. Jüstel et al. (2024) visar hur visualiseringar som bygger på färg och jämförelser kan stödja analys av variationer i stora mängder energidata. En heatmap kan därför innehålla många värden utan att användaren behöver läsa varje siffra separat. I stället för att gå igenom informationen steg för steg flyttas en del av belastningen över till att identifiera och tolka visuella mönster.

Al-Kababji et al. (2022) visar dessutom att mer ovanliga eller avancerade energivisualiseringar inte nödvändigtvis upplevs som de mest begripliga, samtidigt som de kan leda till fler korrekta svar på analytiska uppgifter. Det innebär att analytisk användbarhet inte bör bedömas enbart utifrån vad användarna föredrar eller tycker är lättast att förstå. En viktigare fråga är om visualiseringens struktur faktiskt hjälper användaren att lösa den aktuella uppgiften med tillräcklig noggrannhet och utan en orimligt hög mental belastning.

3.4 Anpassning till olika användargrupper

Erfarenhet påverkar hur olika visuella element tolkas och vilken betydelse de får. En energiexpert kan exempelvis koppla en hög returtemperatur till möjlig bristande avkylning, men samtidigt vilja se information om flöde, tidpunkt eller driftläge innan en slutsats dras. En mindre erfaren användare kan däremot utan problem se att ett värde ligger över en röd gränslinje, men sakna den tekniska kunskapen för att förklara varför. Skillnaden handlar därför inte bara om att tolka något rätt eller fel, utan också om vilka kunskaper användaren utgår från och hur säkert informationen kan bedömas.

Chalal et al. (2022) betonar att eco-feedback behöver anpassas efter både målgrupp och användningssituation. Henni et al. (2022) placerar interaktiv visualisering i ett sammanhang där energiförståelse behöver utvecklas hos användare som inte nödvändigtvis har teknisk expertis. För systemdesign innebär detta att en dashboard kan behöva erbjuda flera nivåer av information. En första nivå kan ge en tydlig signal om något avviker, följt av förklaringar av mått och gränsvärden samt möjlighet att gå vidare till mer detaljerad information för den som behöver undersöka orsaken.

Anpassning till användaren innebär samtidigt inte att ovana användare alltid behöver mindre information. En välstrukturerad heatmap kan exempelvis ge bättre överblick än en visuellt

enkel gauge vars betydelse är otydlig. På samma sätt kan en expert uppskatta en snabb indikator vid övervakning, även om det krävs mer detaljerad information för att ställa en diagnos. Användarens erfarenhet behöver därför ses i relation till den uppgift som visualiseringen ska stödja.

3.5 Cognitive Load Theory (CLT)- Introduktion och relevans

CLT utgår från att arbetsminnets kapacitet är begränsad. När en användare möter en visualisering behöver olika visuella element identifieras, relationer mellan dem hållas i minnet och informationen kopplas till tidigare kunskap. Om kraven blir för stora kan det göra det svårare att förstå och tolka informationen. Ke et al. (2023) visar i en dashboard kontext att både mängden information och individuella kognitiva skillnader påverkar den upplevda belastningen.

I studien används tre delar av CLT för att analysera den kognitiva belastningen. Den inneboende kognitiva belastningen är kopplad till själva uppgiftens komplexitet. Att förstå att ΔT beräknas som skillnaden mellan framledning och returledning kan exempelvis vara enkelt för en person som redan har kunskap om värmesystem medan en multivariat graf kräver att användaren samtidigt tolkar två skalor, punktfördelning och eventuella samband. Den inneboende belastningen går därför inte helt att ta bort utan att förenkla eller förändra uppgiften, men den kan hanteras genom exempelvis visuellt stöd och stegvis fördjupning.

Onödig kognitiv belastning uppstår i stället när presentationen gör informationen svårare att hitta, förstå eller kombinera än vad som egentligen behövs för uppgiften. Det kan exempelvis handla om otydliga etiketter, färger som inte har en tydlig betydelse, en saknad eller svårtolkad legend eller tät överlappning mellan datapunkter. Även om alla relevanta variabler finns tillgängliga kan en rörig eller otydlig presentation öka den mentala ansträngningen, eftersom användaren behöver lägga mer tid på att leta efter och sammanföra information. Ett viktigt designmål blir därför att minska denna onödiga belastning utan att ta bort information som behövs för en korrekt tolkning.

Meningsskapande kognitiv belastning handlar om den mentala bearbetning som faktiskt bidrar till förståelse och utveckling av mentala scheman. När användaren exempelvis använder en trendlinje för att identifiera ett negativt samband, jämför olika områden i en heatmap eller kontrollerar en färgsignal mot ett numeriskt värde sker ett aktivt tolkningsarbete. Sådan ansträngning behöver därför inte ses som något negativt. En analysuppgift kan kräva koncentration och bearbetning för att användaren ska kunna nå en meningsfull slutsats.

CLT kan därmed bidra till att förklara varför samma visualisering kan upplevas olika av olika användare. En expert kan ha lägre inneboende belastning eftersom relevanta begrepp och samband redan finns organiserade i etablerade mentala scheman. Samtidigt kan experten använda sin kunskap för att bearbeta fler detaljer och därmed få ut mer analytisk infromation ur samma visualisering. För en mindre erfaren användare kan exempelvis en tydlig trendlinje eller en genomtänkt färggruppering minska belastningen på arbetsminnet. Om den visuella semantiken däremot är otydlig kan den i stället skapa onödig belastning eller leda till att användaren drar en snabb men felaktig slutsats.

3.6 Etiska övervägande kopplade till visualisering och Cognitive Load Theory

Deltagarna informerades om studiens syfte och om att deltagandet var frivilligt. Muntligt samtycke inhämtades före intervjuerna. Intervjuerna spelades inte in, utan deltagarnas svar dokumenterades skriftligt. För att skydda deltagarnas identitet används anonymiserade beteckningar i uppsatsen och inga namn eller andra direkt identifierande personuppgifter redovisas.

Etiska överväganden omfattar även hur resultat och visualiseringar presenteras. En dashboard kan ge intryck av att vara objektiv, trots att exempelvis gränsvärden, färger och aggregeringar bygger på olika designval. För att undvika att resultaten tolkas mer omfattande än vad underlaget tillåter beskrivs visualiseringarna som stöd för att identifiera indikatorer på potentiellt ineffektiv drift. De används inte som bevis för att en specifik byggnad har förlorat en bestämd mängd energi.

Datasetet beskrivs endast utifrån den infromation som är känd. Det tillhandahölls av handledaren, importerades till Power BI och innehöll relevanta energi och temperaturvariabler som användes för att skapa visualiseringarna. Uppgifter om byggnadstyp, exakt mätperiod och datasetets fullständiga ursprung redovisas inte, eftersom dessa uppgifter inte har kunnat verifieras. Generativ AI användes som stöd vid språkgranskning, strukturell revidering och sammanställning av de dokumenterade intervjusvaren. Inga deltagare, intervjusvar eller vetenskapliga källor genererades med hjälp av AI. Författarna ansvarar därför för att kontrollera den slutliga analysen, källhänvisningarna och formuleringarna mot originalmaterialet före inlämning.

4 Resultat och analys

Kapitlet presenterar den tematiska analysen av de tio intervjuerna. Resultaten struktureras på samma sätt för varje visualisering: vad deltagarna uppfattade, hur de löste de konkreta tolkningsuppgifterna, vilka tecken de använde, vilka skillnader som blev tydliga mellan olika erfarenhetsgrupper samt hur svaren kan tolkas genom CLT. Fokus ligger på kvalitativa skillnader i resonemang. Enkla siffror används enbart för att göra det empiriska underlaget spårbart och bör inte tolkas som statistiska mått.

4.1 Översikt över datainsamling och deltagarprofil

Materialet inkluderar sex användare med begränsad erfarenhet och fyra experter. Samtliga mindre erfarna deltagare saknade tidigare arbete med energidata och dashboards. De kunde i olika grad tolka vanliga diagram men beskrev sin tekniska eller analytiska erfarenheten som låg eller grundläggande. Experterna använde visualiseringar dagligen och hade yrkeserfarenhet av energidata, tekniska system, driftanalys, fastighetsekonomi eller datakvalitet. Denna skillnad gör att det är relevant att jämföra grupperna, samtidigt som individerna inom varje grupp inte behandlas som enhetliga.

Den inledande kodningen gav återkommande koder som snabb överblick, oklar betydelse, färg som en genväg, gränsvärde som stöd, korrekt identifiering, trendlinje som en referens,

punktmängd som brus, domänbaserad försiktighet, mönster före exakta värden, tidsinformation som stöd och temperaturjämförelse. Koderna utvecklades till fem teman.

Tabell 2. Teman, centrala koder och empiriska uttryck.

Tema	Centrala koder	Empiriskt uttryck
Snabb avlösning är inte samma sak som teknisk förståelse.	Snabb överblick, låg ansträngning, oklar betydelse, säker feltolkning.	Gauge-vyn uppfattades som enkel, men två mindre erfarna deltagare bedömde driften som effektiv främst på grund av den blå färgen.
Färg, etiketter och gränsvärden kan både stödja och vilseleda.	Färgberoende, gränsvärde, legend, behov av förklaring.	Waste Detection-grafens legend och röda linje stödde korrekt lokalisering; gauge-vyns blå färg och oförklarade 35-markering skapade osäkerhet.
Visuell struktur kan göra täta data analyserbara.	Trendlinje som ankare, färgkluster, mönsterigenkänning, visuell densitet.	Trendlinjen gjorde scatter plot-sambandet synligt även för mindre erfarna; heatmapens färgfält gjorde många värden överblickbara.
Erfarenhet påverkar resonemangets djup och försiktighet.	Domänkunskap, alternativa förklaringar, behov av kontext, källkritik.	Experter kopplade mönster till drift men undvek säkra orsaksförklaringar utan tid, flöde eller andra variabler.
Visualiseringarna fyller kompletterande analysfunktioner.	Status, lokalisering, samband, tids mönster, stegvis fördjupning.	Gauge för snabb status, Waste Detection för problemområde, scatter plot för relationer och heatmap för när belastning uppstår.

Tabell 3 ger en sammanställning av de mest jämförbara tolkningsuppgifterna för de två erfarenhetsgrupperna. “Korrekt” betyder här att svaret överensstämde med den tolkning som visualiseringen, det tillgängliga intervjuunderlaget och intervjutidens referenslogik medgav. Tabellen presenterar både deltagarnas grundläggande tolkning av uppgifterna och de huvudsakliga olikheterna som framkom mellan de mindre erfarna deltagarna och experterna.

Tabell 3. Jämförelse av centrala tolkningsuppgifter.

Uppgift	Mindre erfarna användare (U1-U6)	Experter (E1-E4)	Huvudsaklig skillnad
Bedöma gauge relativt referensen 35.	Fyra bedömde läget som mindre effektivt; två bedömde det som effektivt utifrån blå färg.	Samtliga bedömde 28 som under referensen, men efterfrågade definition av tröskeln.	Experterna använde ΔT och teknisk försiktighet; feltolkningarna bland mindre

			erfarna var färgstyrda.
Identifiera ineffektivt område i Waste Detection.	Samtliga pekade ut mörkblå punkter över 40 °C.	Samtliga pekade ut samma område och beskrev kluster och temperaturintervall.	Både grupperna löste uppgiften; experterna utvecklade en mer diagnostisk läsning.
Identifiera tidsperiod och förändring i ΔT i Waste Detection.	Samtliga kunde använda tidsaxeln och framlednings- och returtemperaturen för att besvara uppgiften.	Samtliga kunde använda tidsinformationen och temperaturvärdena för att resonera om förändringen i ΔT	Både grupperna kunde använda den tillgängliga informationen för att lösa uppgiften. Experterna gav mer utvecklade tekniska resonemang.
Beskriva scatter plot- sambandet.	Samtliga identifierade att returtemperaturen tenderade att sjunka när utomhustemperaturen ökade, ofta med stöd av trendlinjen.	Samtliga identifierade det negativa sambandet och betonade spridning och andra möjliga förklaringar.	Skillnaden låg i tolkningens djup och försiktighet, inte i huvudriktningen.
Hitta tydlig topp i heatmap.	Samtliga hittade området kring dag 30; fyra angav även sen eftermiddag ungefärligt korrekt, medan två var osäkra på exakta timme.	Samtliga lokaliserade området kring dag 30 och sen eftermiddag.	Färgen stödde både grupperna; exakt axelavläsning var svårare för några mindre erfarna.

4.2 System Efficiency Gauge/Waste Gauge

Vad deltagarna uppfattade och hur de tolkade läget

Gauge-vyn gav överlag en snabb första överblick. Samtliga experter och de flesta mindre erfarna deltagarna beskrev visualiseringen som tydlig eller visuellt enkel. De stora värdena 28, 49 och 77 fångade snabbt uppmärksamheten och flera deltagare förstod att skillnaden mellan 77 och 49 är 28 vilket motsvarar temperaturdifferensen. Den låga visuella tätheten gjorde också att gauge-vyn upplevdes som mindre mentalt krävande än punktdiagrammen.

När deltagarna fick bedöma status blev det däremot tydligt att upplevd tydlighet inte alltid ledde till en korrekt tolkning. U2 svarade: “Om jag bara skulle gå efter bilden hade jag nog sagt effektiv, mest på grund av färgen”. U4 resonerade på ett liknande sätt och kopplade den blå färgen till ett normalt eller bra läge. Båda hade tidigare beskrivit visualiseringen som ganska tydlig eller tydlig. Svaren visar att en stark visuell signal kan få större betydelse än själva måttet när färgens betydelse inte är tydligt förklarad.

Samtidigt använde fyra av de sex mindre erfarna deltagarna relationen mellan 28 och 35 för att bedöma situationen som mindre effektiv eller som under önskad nivå. U3 räknade även ut differensen mellan framledning och returledning. Resultaten visar därmed en variation inom gruppen. Begränsad kunskap gjorde det inte omöjligt att tolka värdena korrekt, men osäkerheten ökade när deltagaren inte visste vad ΔT eller tröskelvärdet presenterade.

Experterna gjorde en mer samstämmig grundtolkning. De identifierade framledningstemperaturen på 77°C, returtemperaturen på 49°C och ΔT 28 °C samt jämförde med markeringen vid 35. Samtidigt var de försiktiga med att kalla driften absolut ineffektiv utan att veta hur gränsen hade definierats. E3 uttryckte att ett definitivt driftomdöme skulle kräva kunskap om "om den gäller i just detta driftfall". Expertisen visade sig alltså både i den tekniska kopplingen och i att visualiseringens begränsning uppmärksammades.

Visuella signaler och kognitiv belastning.

Den stora centrala siffran fungerade som det främsta fokuspunkten för båda deltagargrupperna. Flera deltagare uppgav att de skulle följa just ΔT- värdet för att upptäcka förändringar över tid. Experterna kompletterade detta med returtemperaturen eller efterfrågade historiska värden. Gauge-vyn uppfattades därmed främst som ett verktyg för att snabbt bedöma status, snarare än som ett tillräckligt underlag för att förstå orsaken bakom ett avvikande värde.

Utifrån CLT var den visuella belastningen låg. Eftersom det var få element som behövde identifieras och bearbetas. Den kognitiva belastningen varierade däremot beroende på deltagarnas kompetens. För en deltagare som redan förstod ΔT blev uppgiften i huvudsak en enkel jämförelse. För den som saknade kunskap om måttet behövde istället betydelsen av 28, 35 och den blå färgen tolkas. Den neutrala färgen och den oförklarade markeringen skapade därmed onödig kognitiv belastning och ledde i två fall till en felaktig semantisk genväg. U6 beskrev detta på ett tydligt sätt: "Själva bilden är enkel, men betydelsen är inte helt självklar för mig"

Resultatet visar att gauge-vyn fungerar väl för snabb avläsning, men att den behöver tydligare förklaringar för att minska risken för feltolkning. En etikett som förklarar att 35 är ett riktvärde, vilket värde eller riktning som är önskvärd och vad ΔT representerar skulle kunna minska tolkningsutrymmet. Färg zoner kan också fungera som stöd, med då behöver deras betydelse vara konsekvent och kompletteras med andra visuella signaler så att informationen inte blir beroende av färgseende.

4.3 Waste Detection-graf / tekniskt diagram

Identifiering av ineffektiv drift.

Waste detection-grafen innehöll betydligt fler datapunkter än gauge-vyn, men den tydliga klassificeringen gjorde huvuduppgiften relativt lätt att genomföra. Samtliga tio deltagare kunde identifiera området med mörkblå punkter ovanför den röda tröskeln vid 40°C som ineffektivt. De mindre erfarna deltagarna utgick framför allt från färgerna i legenden och den röda tröskellinjen. Experterna använde samma visuella signaler, men gick även vidare och analyserade kluster, spridning och det intervall av utomhustemperaturer där många klassificerade observationer förekom.

Resultatet visar att en större mängd information inte automatiskt leder till sämre förståelse. U3 upplevde exempelvis grafen som tydligare än gauge-vyn eftersom legenden och tröskellinjen gjorde det lättare att förstå vad färgerna representerade. U2 upplevde inte heller att mängden infromation var särskilt stor och menade att den extra informationen snarare gjorde grafen lättare att tolka. U1 och U6 upplevde däremot att den stora mängden punkter ökade komplexiteten. Skillnaderna inom gruppen visar därför att mängden infromation och den semantiska tydligheten behöver bedömas som två separata aspekter.

Experterna beskrev waste detection grafen som en typ av diagnos-vy. Medan gauge-vyn främst visade hur situationen såg ut vid en viss tidpunkt, gjorde waste detection- grafen det möjligt att undersöka under vilka utomhusförhållanden de klassificerade observationerna förekom. E4 påpekade samtidigt att överlappande punkter gjorde det svårare att skilja mellan hög punktdensitet och enskilda observationer. Visualiseringen gav därmed större möjligheter till analys, men innehöll samtidigt visuellt brus som kunde försvåra tolkningen.

Tidsperiod och förändring i ΔT.

Samtliga deltagare kunde använda tidsaxeln samt framlednings och returtemperaturen för att besvara uppgifterna om tidsperiod och förändringar i ΔT. Båda grupperna kunde alltså använda den information som fanns tillgänglig för att genomföra den grundläggande tolkningen. Skillnaden märktes framför allt i hur deltagarna utvecklade sina svar. Experterna förde mer detaljerade tekniska resonemang om temperaturförändringarna, medan de mindre erfarna deltagarna i större utsträckning utgick från de värden och mönster som var direkt synliga i visualiseringen.

Kognitiv belastning.

Den uppgiftsrelaterade kognitiva belastningen var högre i waste detection grafen än i gauge-vyn eftersom deltagarna behövde tolka två variabler, många datapunkter och en klassificering samtidigt. Samtidigt minskade legenden och tröskellinjen den onödiga kognitiva belastningen genom att tydliggöra vad som skulle uppmärksammas i grafen. För vissa deltagare fungerade färgkodningen som ett effektivt stöd i tolkningen, medan den stora mängden punkter för andra skapade visuell konkurrens. Resultatet visar därmed att samma designelement kan påverka balansen mellan informationsvärde och kognitiv belastning på olika sätt beroende på uppgiften och användarens erfarenhet.

4.4 Energy Signature Scatter Plot

Övergripande samband och avvikelser

Energy signature scatter plot uppfattades som mer analytisk jämfört med gauge-vyn. Fem av de sex mindre erfarna deltagarna beskrev scatter plot som den mest komplexa visualiseringen, eller som en av de mest komplexa. U6 upplevde waste detection som något mer komplex, men beskrev samtidigt scatter plot som informationsrik. Den röta trendlinjen hade en viktig funktion för den grundläggande tolkningen.

Alla deltagare kunde identifiera ett övergripande negativt samband. Returtemperaturen minskade ofta när utomhustemperaturen ökade. Flera av de mindre erfarna deltagarna hänvisade ofta till trendlinjens lutning. U4 menade att sambandet hade varit mycket svårare att upptäcka utan den röda linjen eftersom mängden datapunkter gjorde mönstret svårare att se. Resultatet visar att en analytisk visualisering inte behöver vara otillgänglig för mindre erfarna användare. Ett tydligt visuellt stöd kan göra det möjligt att identifiera det huvudsakliga sambandet även när grafen innehåller många datapunkter.

Deltagarna kunde även identifiera låga returtemperaturer, omkring 20–25°C vid positiva utomhustemperaturer som avvikande från det centrala mönstret. Däremot skilde sig deltagarna åt i hur de tolkade avvikelsen. De mindre erfarna deltagarna beskrev punkterna som ovanliga men var ofta osäkra på vad de kunde betyda. Experterna kunde däremot formulera flera möjliga förklaringar, exempelvis ett annat driftläge eller problem med datakvaliteten. De påpekade även att tid och ytterligare variabler behövde kontrolleras innan någon teknisk slutsats kunde fattas.

Erfarenhets relaterade skillnader.

Experternas svar visar att erfarenhet inte bara gjorde det lättare att snabbt se mönster. Den gjorde också att de var mer försiktiga med att tolka trendlinjen. Flera experter påpekade att utomhustemperaturen inte ensam kunde förklara returtemperaturen och att den stora spridningen mellan punkterna behövde tas med i bedömningen. E4 beskrev visualiseringen som en vy som “belönar analytisk erfarenhet” men betonade samtidigt att sambandet inte kunde tolkas som att den ena faktorn orsakade den andra.

De mindre erfarna deltagarna använde framför allt trendlinjen för att få en snabb bild av sambandet. Det gjorde att de kunde tolka riktningen korrekt, men de förde inte samma tekniska resonemang om exempelvis reglering, flöden eller olika driftlägen. Resultatet visar därför att mindre erfarna användare också kan förstå ett scatter plot. När det finns tydligt visuellt stöd kunde de identifiera det viktigaste mönstret och avvikande punkter. Skillnaden var främst att experterna kunde gå vidare och föreslå möjliga förklaringar samt vara tydligare med vad som gick och inte gick att dra för slutsatser.

Kognitiv belastning.

Scatter plot uppgiften hade en hög belastning eftersom deltagarna behövde tolka axlar, trend, spridning och avvikande punkter samtidigt. Täta och överlappande punkter skapade också en extra visuell belastning och gjorde vissa delar av grafen svårare att läsa. Trendlinjen hjälpte däremot deltagarna att förstå det övergripande sambandet genom att göra mönstret tydligare.

För experterna kunde den större mängden information användas för att fundera över möjliga orsaker till de mönster som syntes i grafen. För de mindre erfarna deltagarna gjorde trendlinjen det lättare att se det viktigaste mönstret men den gav inte i sig någon förklaring till varför sambandet såg ut som det gjorde.

4.5 Peak Load Heatmap

Överblick och lokalisering an toppar.

Heatmapen uppfattades positivt av båda grupperna. Fyra av de sex mindre erfarna deltagarna ansåg att den var mest lättförståelig, medan två valde gauge-vyn. Samtliga experter ansåg gauge-vyn enklast, men beskrev heatmapen som stark för överblick över många dagar och timmar. Denna skillnad visar att en stor mängd information inte nödvändigtvis innebär upplevd komplexitet.

Deltagarna kunde även beskriva att hög belastning inte var jämnt fördelad. De såg kluster av varmare färger och områden med låga värden. Flera av de mindre erfarna deltagarna hade dock svårt att ange ett exakt återkommande dygns eller veckomönster. E1 och E2 efterfrågade mönster. Även här framträdde expertis som en försiktig avgränsning mellan visuell antydan och verifierad regelbundenhet.

Färgstruktur och mental belastning.

Heatmapen illustrerar tydligt skillnaden mellan informationsmängd och kognitiv belastning. Många siffror visades samtidigt, men deltagarna behövde inte gå igenom varje cell. Färgintensiteten.

Grupperade informationen och gjorde toppar och lågzoner perceptuellt tillgängliga. För fyra deltagare med mindre erfarenhet blev detta den mest tydliga visualiseringen, trots att den objektivt sett innehöll flest enskilda värden.

Den inneboende belastningen ökade när exakta dag- och timkoordinater eller återkommande mönster skulle bestämmas. Små celler och många etiketter skapades också viss onödig belastning. Färgfälten stödde däremot meningsskapande bearbetning genom att ge deltagaren möjlighet att börja med mönstret och sedan kontrollera siffrorna. Experterna efterfrågade en tydlig färglegend, vilket skulle göra tolkningen mer konsekvent tillgänglig.

4.6 Jämförelse mellan deltagarna och expertanvändare

Jämförelsen visar att det inte går att säga att experter alltid förstår visualiseringarna medan mindre erfarna deltagare misslyckas. Båda grupperna kunde hitta det ineffektiva området i waste detection grafen, det huvudsakliga negativa sambandet i scatter plot, de avvikande låga punkterna och det tydliga området med höga värden i heatmap, skillnaderna mellan grupperna handlade främst om vilken infromation de utgick från och hur säkra de var på vilka slutsatser som kunde dras.

Deltagarna med mindre erfarenhet använde ofta färger, centrala siffror, legend och trendlinje för att tolka visualiseringarna. Dessa signaler fungerade bra när deras betydelse var tydligt förklarad som i waste detection-grafen. När betydelsen var otydlig som i gauge-vyn kunde samma sätt tolka bilden istället leda till fel. Experterna använde också färger och trendlinjer för att snabbt hitta viktig information men jämförde samtidigt dessa signaler med värden, tekniska samband och visualiseringens begränsningar.

Experterna var inte eniga om vilken visualisering som var mest användbar för analys. E1 och E2 valde waste detection grafen medan E3 och E4 valde energy signature scatter plot. Även när det gällde vilken visualisering som var mest komplex fanns en skillnad. Två experter valde heatmap och två valde waste detection grafen. Resultatet visar därför att det inte går att säga att experter alltid föredrar scatter plot. Vilken visualisering som upplevdes som mest användbar berodde på vilken uppgift som skulle lösas, exempelvis att hitta ett problem, undersöka ett samband eller få en bild av förändringar över tid.

De mindre erfarna hade också olika preferenser. Heatmap fick flest positiva omdömen när det gällde att vara lätt att förstå och ge en bra överblick. Två deltagare föredrog gauge-vyn som också ofta lyftes fram som bra för att snabbt se status. Scatter plot uppfattades som mer lämpad för experter men deltagarna kunde ändå lösa de viktigaste uppgifterna med hjälp av trendlinjen. Erfarenheten verkade därför främst påverka hur djupt deltagarna kunde analysera informationen, hur säkra de var på sina tolkningar och hur lätt de kunde föreslå olika möjliga förklaringar.

Den designprincip som återkom oftast i materialet var stegvis fördjupning. Experterna beskrev visualiseringarna som olika nivåer som kompletterar varandra. Gauge-vyn kan användas för att snabbt upptäcka att något behöver granskas, waste detection för att hitta områden som kan vara problematiska, scatter plot för att undersöka samband och heatmap för att se när hög belastning uppstår. På så sätt kan olika visualiseringar användas för olika typer av uppgifter utan att en enda vy behöver innehålla all information.

4.7 Sammanfattning av analysen

Analysen visar fem huvudresultat. För det första kunde en visualisering uppfattas som enkel utan att tolkningen var korrekt. Gauge-vyn gav snabb överblick men den oförklarade färgen och referensen ledde till två färgstyrda feltolkningar. För det andra stöddes explicita.

Semantiska signaler korrekt identifiering: samtliga deltagare använde Waste Detection-grafens legend och tröskel för att hitta det klassificerade ineffektiva området.

För det tredje var multivariat information inte otillgänglig för mindre erfarna deltagare när ett visuellt ankare fanns, Trendlinjen gjorde att samtliga kunde se scatter plotens övergripande negativa samband. För det fjärde kunde en mycket detaljerad visualisering känns enkel när informationen var organiserad i meningsfulla färgmönster; heatmapen blev den mest lättförståeliga vyn för fyra av sex mindre erfarna deltagare.

För det femte låg expertgruppens särdrag inte endast i att ge “rätt” svar. Experterna kopplade observationer till domänkunskap, skilde trend från orsak, efterfrågade saknade variabler och

undvik absoluta driftomdömen utan kontext. Resultaten stödjer därför en uppgiftsorienterad design där tydlig semantik kombineras med möjlighet till fördjupning och där upplevd klarhet alltid kompletteras med kontroll av faktisk tolkning.

5 Diskussion och slutsatser

I det här kapitlet diskuteras studiens viktigaste resultat i relation till tidigare forskning, CLT och forskningsfrågan. Resultaten ses som mönster i det avgränsade kvalitativa materialet. Fokus ligger på varför vissa visuella signaler gjorde det lättare att tolka informationen korrekt, varför andra skapade osäkerhet och hur deltagarnas erfarenhet och uppgiften påverkade hur visualiseringarna användes.

5.1 Diskussion av studiens resultat

Ett viktigt resultat är skillnaden mellan att en visualisering upplevs som tydlig och att den faktiskt leder till rätt förståelse. Gauge-vyn beskrevs som enkel av de flesta deltagarna, men två mindre erfarna deltagare bedömde driften som effektiv främst för att mätaren var blå. Resultatet liknar det som Al-Kababji et al. (2022) fann. De visualiseringar som deltagarna tyckte var mest begripliga och effektiva gav inte alltid flest korrekta svar på analysuppgifterna. Den här studien visar mer konkret varför det kan bli så. En bekant och enkel visualisering kan skapa förtroende, men om färgens betydelse och gränsvärdet är otydliga kan användaren själv fylla i vad de betyder.

Herrmann et al. (2018) visade att en energivisualisering som var bättre anpassad till uppgiften kunde förbättra både hur rätt deltagarna svarade och hur säkra de var på sina svar. Även i den här studien fungerade visuella signaler bra när deras betydelse var tydlig. Samtliga deltagare kunde identifiera de klassificerade ineffektiva observationerna i waste detection- grafen med hjälp av legenden och tröskellinjen. Skillnaden mellan gauge-vyn och waste detection visar därför att det inte räcker att bara förenkla en visualisering. Det viktiga är att den visuella signalen tydligt visar den relation som användaren behöver förstå, utan att viktiga delar av tolkningen lämnas åt användaren själv.

Resultaten stämmer också delvis överens med Nimbarte, Smith och Gopalakrishnan (2024), som fann att dashboards med gauges och tydliga visuella signaler kunde ge snabbare svar och lägre mental belastning. Även i den här studien gav gauge-vyn en snabb överblick och upplevdes som lätt att använda. Samtidigt visar resultatet en viktig begränsning, låg upplevd belastning behöver inte betyda att användaren verkligen har förstått den tekniska informationen. En enkel visuell signal kan göra det lätt att svara men också leda till en snabb och felaktig tolkning. Därför bör en visualisering inte bara bedömas utifrån vad användarna föredrar eller hur enkel den känns utan också genom uppgifter där de behöver förklara och motivera sina svar.

Resultatet från scatter plot visar att mer avancerade visualiseringar inte bara behöver användas av experter. De mindre erfarna deltagarna tyckte att punktmängden var svår att tolka men alla kunde ändå se det negativa huvudsambandet och en grupp av avvikande punkter. Trendlinjen gjorde det lättare att se det viktigaste mönstret. Experterna kunde däremot gå längre i sin tolkning genom att ta hänsyn till spridningen, undvika att tolka sambandet som orsak och föreslå flera möjliga tekniska förklaringar. Resultatet stödjer Vera-Piazzini, Scarpa och Perons (2023) syn på att visualiseringarna bör väljas utifrån både analysmål och användare. Samtidigt visar studien att enkla stöd som trendlinjer och tydliga markeringar kan göra en analytisk visualisering lättare att använda utan att ta bort möjligheten till en djupare analys.

Heatmap visar på liknande sätt att mängden information inte automatiskt avgör hur komplex en visualisering upplevs. Fyra av de mindre erfarna deltagarna valde heatmapen som den lättaste att förstå trots att den innehöll flest numeriska värden. Färgerna och indelningen gjorde det möjligt att först upptäcka områden med höga värden och sedan gå vidare till mer detaljerad avläsning. Detta stämmer överens med Jüstel et al. (2024) som visar hur färg och jämförelser kan göra stora mängder energidata lättare att överblicka. Samtidigt hade två deltagare svårt att läsa av exakt när förändringarna inträffade. Det visar att det är skillnad mellan att få en snabb överblick och att läsa av exakt värden.

Henni et al. (2022) beskriver interaktiv visualisering som ett sätt att stärka energiförståelsen medan Chalal et al. (2022) visar olika sätt att utforma eco-feedback och vikten av att anpassa den efter användaren. Den här studien visar att anpassningen även behöver ta hänsyn till vilken uppgift som ska utföras. Mindre erfarna användare behövde alltså inte alltid mindre information, utan framför allt tydliga samband och tydliga förklaringar av vad olika visuella signaler betyder. Experter behövde inte heller alltid den mest detaljerade visualiseringen. Vid snabb övervakning uppskattade även de gauge-vyn men ville kunna gå vidare till mer detaljerade visualiseringar när de behövde undersöka orsaken till ett problem.

5.2 Diskussion utifrån Cognitive Load Theory

CLT bidrar till att göra skillnad mellan hur enkelt en bild ser ut och hur lätt själva uppgiften är. Gauge-vyn hade få visuella element och därmed låg visuell belastning. För deltagare utan kunskap om ΔT kvarstod dock en begreppslig uppgift: de behövde förstå sambandet mellan framledning, retur. Differens och referens. Det var inneboende belastning kopplad till domänen. När blått och 35-markeringen saknade förklaring tillkom onödig belastning, eller en missvisande genväg som gjorde att deltagaren slutade bearbeta värdena.

Waste Detection-grafen innehöll större informationsmängd och mer visuell sökning, men legenden och tröskelvärdena minskade den onödiga belastningen av den centrala uppfiten. Deltagarna lyckades kategorisera punkterna semantiskt och fokusera på området över 40°C. Punktöverlappning och täthet ökade däremot belastningen är kluster och enskilda observationer skulle analyseras. Ke et al. (2023) visar att mängden information i dashboarden och individuella sätt att bearbeta information har betydelse för kognitiv belastning; skillnaderna mellan U1/U6 och U2/U3 i bedömningen av grafs information belyser detta på ett kvalitativt sätt.

Scatter plotens inneboende belastning var högre eftersom flera relationer behövde hållas i arbetsminnet. Trendlinjen underlättade den visuella sökprocessen och stödde

meningsskapande bearbetning: Deltagarna kunde först identifiera den övergripande riktningen och sedan bedöma spridningen och avvikare. För experterna aktiverade punktmolnet etablerade domänscheman och gav grund för hypoteser. Samma ansträngning som för en mindre erfaren deltagare upplevdes som förvirrande kunde för en expert vara analytiskt produktiv.

Heatmapen visar hur en visuellt organiserad densitet kan minska belastningen på arbetsminnet. Färger gjorde att många celler kunde behandlas som kluster istället för separata värden. Det sänkte belastningen för uppgiften att hitta en topp, men inte nödvändigtvis för att exakt läsa av dag och timme eller bekräfta ett återkommande mönster. CLT klargör därmed varför "mer information" inte resulterade till en enhetligt högre belastning: presentationen avgjorde hur många enheter geltagaren behövde hantera samtidigt.

Teorin bör dock inte användas som en märkning för varje val. Studien mätte inte kognitiv belastning med fysiologiska mått eller en validerad skala. CLT tillämpas här för att förstå deltagarnas ansträngning, osäkerhet och strategier. Därför gäller slutsatsen hur olika belastningskällor framträder i deras resonemang, inte objektiva nivåer av arbetsminnesbelastning.

5.3 Diskussion av studiens kunskapsbidrag

Studiens kunskapsbidrag handlar om mer än att olika användare behöver olika visualiseringar. Analysen visar att samspelet mellan användaren, uppgiften och visualiseringen påverkar om en enkel bild blir ett stöd eller riskerar att leda till fel. Tre delar är särskilt viktiga.

För det första behöver man skilja mellan hur tydlig en visualisering upplevs och hur väl användaren faktiskt kan tolka den. Gauge-vyn visar att en deltagare kan uppleva låg ansträngning och samtidigt dra en felaktig slutsats på grund av färgen. Tester av visualiseringar bör därför innehålla konkreta uppgifter där användaren får visa vilket värde, mönster eller tecken som ligger bakom svaret.

För det andra är sambandet mellan erfarenhet och komplexitet inte enkelt. Mindre erfarna deltagare kunde tolka det huvudsakliga sambandet i scatter plot när trendlinjen gav stöd. De tyckte också ofta att heatmap var lätt att förstå trots den stora mängden data. Experterna skiljde sig främst genom att de var mer försiktiga i sina slutsatser, kunde föreslå flera möjliga förklaringar och efterfrågade ytterligare information. Anpassning bör därför utgå från vilken typ av uppgift användaren ska lösa, snarare än att bara minska mängden information för ovana användare.

För det tredje kan visualiseringar stödja olika steg i samma analys. Gauge-vyn ger en snabb bild av status, waste detection visar var klassificerade problemområden finns, scatter plot hjälper till att undersöka samband och heatmap visar när belastningen är som högst. En dashboard kan därför utformas med stegvis fördjupning. Den kan börja med en tydlig överblick, följas av förklaringar av gränsvärden och sedan ge användaren möjlighet att gå vidare till de visualiseringar som behövs för nästa fråga. Detta är ett praktiskt bidrag för utvecklare av energidashboards och kan även bidra till forskning om kognitiv belastning vid användning av informationsvisualisering.

Studiens resultat har samtidigt en tydlig begränsning. De bygger på tio intervjuer och fyra statiska bilder från ett dataset med begränsad bakgrundsinformation. Studien kan därför inte ge generella regler för alla visualiseringar eller användare. Den visar däremot ett mönster som

kan undersökas vidare i större och interaktiva studier. Semantiska signaler bör då bedömas utifrån både hur snabbt de förstås och om de hjälper användaren att dra korrekta slutsatser och förklara hur de kom fram till dem.

5.4 Metoddiskussion

Den kvalitativa designen det möjligt att observera deltagarnas resonemang och upptäcka motsägelser mellan omdöme och uppgift. Det gav även utrymme för experterna att ifrågasätta trösklar och saknade variabler. En Kvantitativ studie hade kunnat mäta svarstid och korrekthet mer exakt, Men riskerat att missa varför två visuellt lika svar baserades på olika insikter.

Urvalets storlek och begränsar överförbarheten. Fyra experter är en betydande förbättring jämfört med en expert, men denna grupp speglar fortfarande att begränsat urval av energirelaterade roller. Deltagare med mindre erfarenhet hade också olika vana vanliga diagram. Därför bör resultaten betraktas som analytiska designinsikter, inte som populationsestimat.

Frånvaron an inspelningar medför den största risken för spårbarhet. Intervjuanteckningar kan ha komprimerat deltagarnas formuleringar och påverkat citatens exakthet. För att hantera detta har korta citat, försiktig tolkning och tabeller använts för att visa hur teman och uppgiftsresultat förankras i flera deltagare. En upprepning bör ske med ljudinspelning, exakt transkribering och en dokumenterad analyslogg, enligt Nowell et al. (2017).

Statiska bilder skiljer sig från praktisk dashboard användning. Interaktiv filtrering skulle man kunna minska punktöverlappning, hjälpa användare att identifiera avvikare och låta experter gå från översikt till detalj. Samtidigt gjorde det gemensamma visuella underlaget att deltagarna hade liknande förutsättningar för att tolka uppgifterna. Resultaten är därför främst relaterade till hur deltagarna uppfattade den information som gavs under intervjun och kan inte direkt överföras till användning av en fullt interaktiv Power BI-dashboard. Kommande forskning bör därför fokusera på att jämföra både statiska och interaktiva versioner av de samma visualiseringarna.

I Waste Detection-delen innehöll intervjuguiden även detaljer där deltagarna behövde använda tidsinformation samt framledande och returtemperatur för att fastställa en period och diskutera förändringar i ΔT. Den Nödvändiga informationen för att svara på dessa uppgifter, inklusive tidsinformation samt framledande och returtemperatur, var tillgänglig för deltagarna under intervjuerna. Därför kunde uppgifterna användes för att analysera hur deltagarnas faktiskt tolkade tids- och temperaturinformation. Vidare bör skillnaden mellan det fullständiga intervjuunderlaget och den statiska bild som presenteras i rapporten klargöras, annars kan läsaren få intrycket att frågorna baseras på information som inte finns.

Den specifika sökningen av litteratur dokumenterades inte noggrant, vilket gör det svårare att återskapa den initiala sökprocessen. För att åtgärda denna brist genomfördes en tilläggssökning av litteratur, där information som databas, söksträngar, avgränsningar, antal träffar och urvalsprocess dokumenterades. Den kompletterande sökningen stärker transparensen och möjligheten att bedöma litteratururvalet, men den kan inte bristande dokumentationen från den ursprungliga sökningen.

5.5 Slutsatser

Forskningsfrågan handlade om hur deltagare med olika teknisk kompetens och olika analysbehov tolkar fyra energivisualiseringar samt hur de upplever visualiseringarnas stöd och kognitiva belastning när de ska hitta tecken på potentiellt ineffektiv drift. Studien visar att tolkningen påverkas av flera saker: deltagarnas erfarenhet, vilken uppgift de ska lösa, hur informationen är uppbyggd och hur tydligt färger, gränsvärden och samband förklaras.

Gauge-vyn gav en snabb överblick av status och upplevdes som lätt att använda. Samtidigt ledde den otydliga blå färgen och referensmarkeringen till två feltolkningar bland de mindre erfarna deltagarna. Waste detection- grafen gjorde det lätt att se ett område som kunde tyda på ett problem. Deltagarna kunde också använda tidsinformationen samt framlednings och returtemperaturen för att hitta relevanta tidsperioder och se förändringar i ΔT. Skillnaden mellan grupperna handlade främst om hur långt de gick i sina resonemang. Experterna kopplade i större utsträckning temperaturförändringarna till möjliga tekniska orsaker medan de mindre erfarna deltagarna främst utgick från de mönster som var direkt synliga.

Scatter plot krävde mer aktiv tolkning, men trendlinjen gjorde det möjligt även för mindre erfarna deltagare att se det viktigaste sambandet och hitta avvikande punkter. Heatmap gav en bra överblick över många värden genom färger och hur informationen var placerad. Däremot krävde det mer arbete att läsa av exakt när förändringar inträffade.

Skillnaden mellan grupperna handlade framför allt om hur djupt och försiktigt de resonerade. Experterna använde sin tekniska kunskap, skilde mellan samband och orsak och ville ofta ha mer information innan de drog en slutsats. De mindre erfarna deltagarna använde oftare enkla visuella signaler för att tolka informationen. När färger, gränsvärden och trender var tydliga kunde de ändå lösa flera av de viktigaste analysuppgifterna.

Ingen av de fyra visualiseringarna är därför bäst i alla situationer. Det mest användbara är en kombination där användaren kan gå från att se status, till att hitta problemområden, undersöka samband och se förändringar över tid. Studiens kunskapsbidrag är att denna kombination behöver bedömas utifrån både hur tydlig visualiseringen upplevs och hur väl användaren faktiskt kan tolka den. En tydlig visuell signal kan minska onödig kognitiv belastning men den kan också leda till en säker men felaktig tolkning om signalens betydelse är otydlig.

Framtida forskning kan undersöka resultaten med fler deltagare, jämnare fördelning mellan olika yrkesgrupper och interaktiva dashboards. Svarstid och andra mått på kognitiv belastning kan kombineras med intervjuer för att ge en tydligare bild av hur visualiseringarna fungerar. Det vore också relevant att testa olika tröskelvärden och färger för att se hur de påverkar tolkningen. En annan möjlighet är att undersöka om en dashboard med stegvis fördjupning fungerar bättre, där en avvikelse i gauge-vyn kan leda användaren vidare till mer detaljerade punkt och tidsvyer. Detta skulle kunna visa om en sådan struktur både ökar antalet korrekta svar och gör visualiseringen lättare att hantera.

6. Källförteckning

Al-Kababji, A., Alsalemi, A., Himeur, Y., Fernandez, R., Bensaali, F., Amira, A. & Fetais, N. (2022). Interactive visual study for residential energy consumption data. Journal of Cleaner Production, 366, 132841. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132841

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chalal, M. L., Medjdoub, B., Bezai, N., Bull, R. & Zune, M. (2022). Visualisation in energy eco-feedback systems: A systematic review of good practice. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 162, 112447. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112447

Henni, S., Franz, P., Staudt, P., Peukert, C. & Weinhardt, C. (2022). Evaluation of an interactive visualization tool to increase energy literacy in the building sector. Energy and Buildings, 266, 112116. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112116

Herrmann, M. R., Brumby, D. P., Oreszczyn, T. & Gilbert, X. M. P. (2018). Does data visualization affect users' understanding of electricity consumption? Building Research & Information, 46(3), 238–250. https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1356164

Jüstel, A., Humm, E., Herbst, E., Strozyk, F., Kukla, P. & Bracke, R. (2024). Unveiling the spatial distribution of heat demand in North-West-Europe compiled with national heat consumption data. Energies, 17(2), 481. https://doi.org/10.3390/en17020481

Kallio, H., Pietilä, A.-M., Johnson, M. & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. Journal of Advanced Nursing, 72(12), 2954–2965. https://doi.org/10.1111/jan.13031

Ke, J., Liao, P., Li, J. & Luo, X. (2023). Effect of information load and cognitive style on cognitive load of visualized dashboards for construction-related activities. Automation in Construction, 154, 105029. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105029

Knott, E., Rao, A.H., Summers, K. & Teeger, C. (2022). Interviews in the social sciences. Nature Reviews Methods Primers, 2, 73. https://doi.org/10.1038/s43586-022-00150-6

Nimbarte, A. D., Smith, N. & Gopalakrishnan, B. (2024). Human factors evaluation of energy visualization dashboards. Ergonomics in Design, 32(1), 39–47. https://doi.org/10.1177/10648046211028693

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E. & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. International Journal of Qualitative Methods, 16(1), 1–13. https://doi.org/10.1177/1609406917733847

Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. Communications of the Association for Information Systems, 37, 879–910. https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743

Vera-Piazzini, O., Scarpa, M. & Peron, F. (2023). Building energy simulation and monitoring: A review of graphical data representation. Energies, 16(1), 390. https://doi.org/10.3390/en16010390

7. Bilaga 1-Intervjuguide

Introduktion till deltagaren

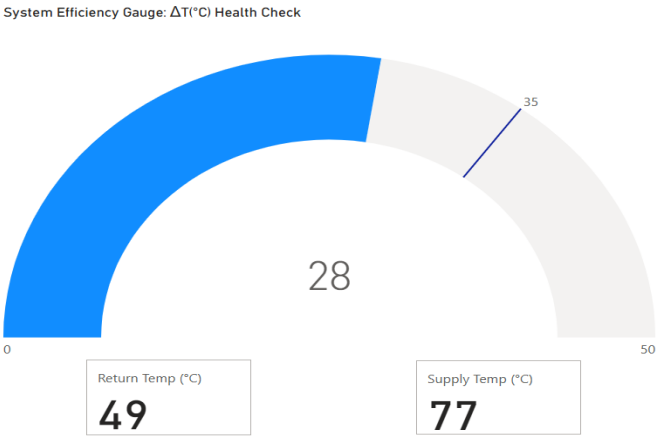
Syftet med denna intervju är att undersöka hur olika typer av energivisualiseringar uppfattas och tolkas av användare med varierande erfarenhet av datavisualisering och analytiskt arbete. Intervjun fokuserar på förståelse, tydlighet, informationsöversikt och upplevelse av visualiseringarnas komplexitet. Deltagandet i denna intervju är frivillig och svaren behandlas konfidentiellt.

Del 1-Bakgrundsfrågor

1. Har du tidigare arbetat med datavisualiseringar eller dashboards?
2. Hur skulle du beskriva din tekniska eller analytiska erfarenhet
3. Hur ofta använder du diagram, dashboards eller visualiseringar i arbete eller studier?

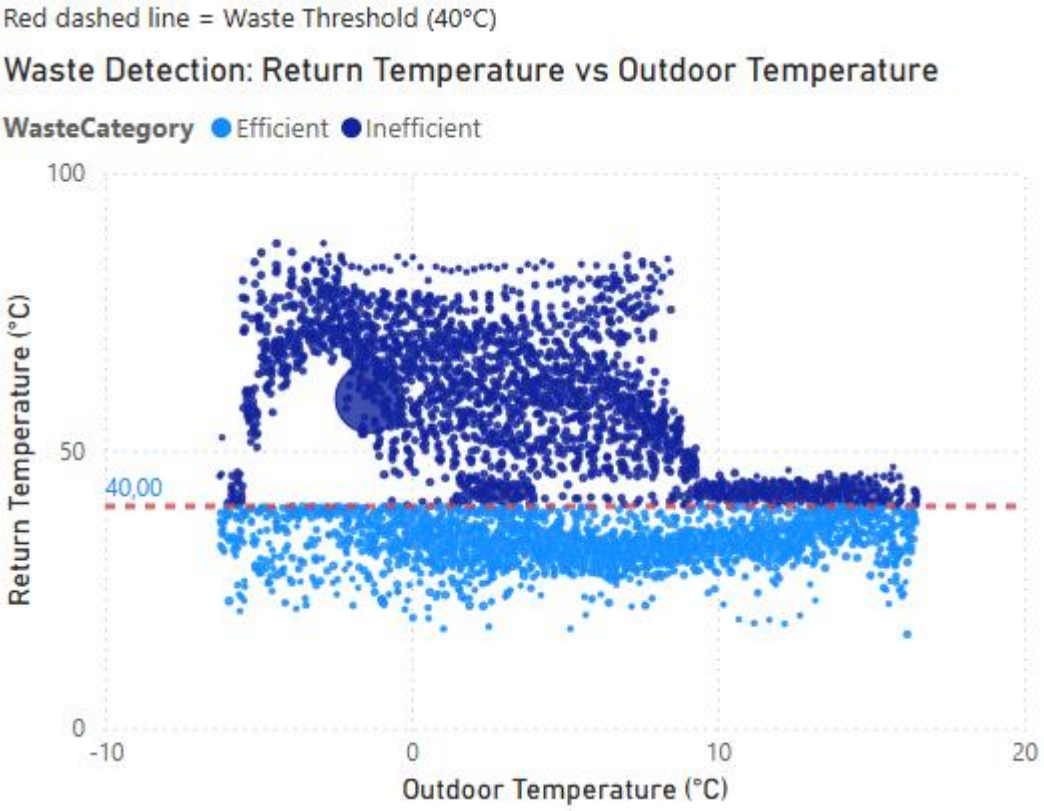
4. Har du tidigare arbetat med energidata eller liknande informationssystem

Del 2 – System Efficiency Gauge / Waste Gauge



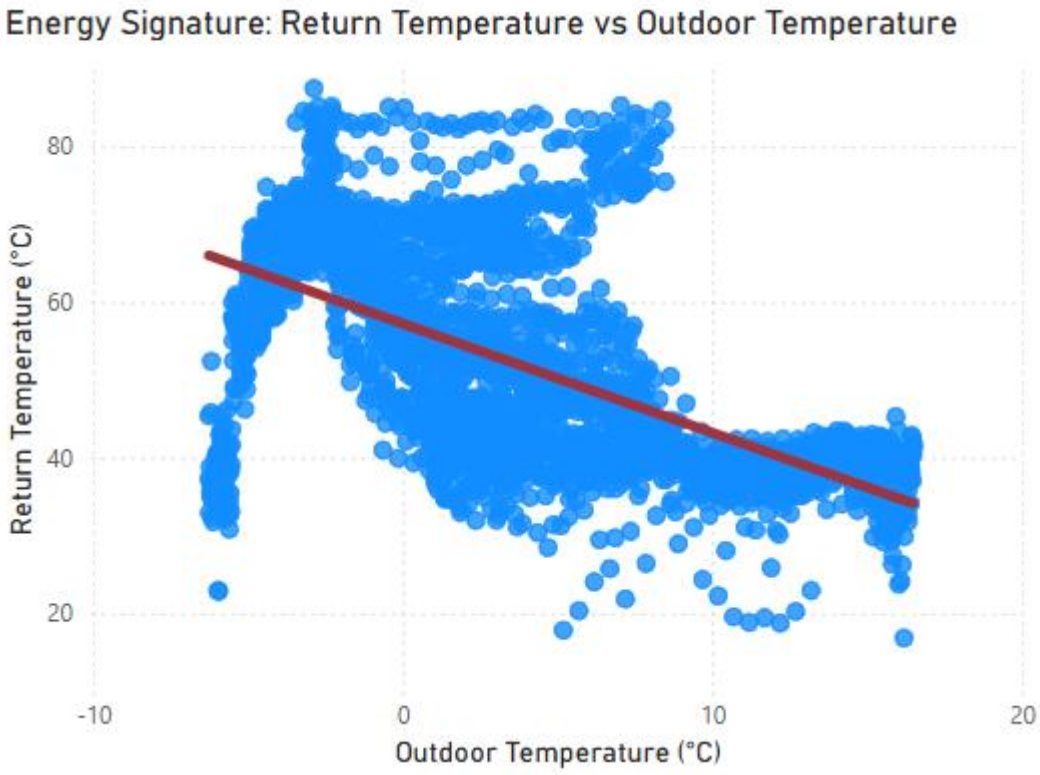
5. Hur upplever du visualiseringens tydlighet?
6. Vad tror du visualiseringen försöker visa?
7. Var det enkelt att identifiera om systemet verkade effektivt eller ineffektivt?
8. Upplevde du att visualiseringen gav en snabb överblick över information?
9. Hur mentalt ansträngande upplevde du visualiseringen att tolka?
10. Vilka delar av visualiseringen gjorde den lätt eller svår att förstå?

Del 3- waste detection-graf/tekniskt diagram



11. Hur lätt eller svårt var det att förstå denna visualisering?
12. Vad fokuserade du mest på i visualiseringen?
13. Upplevde du att visualiseringen innehöll mycket information samtidigt?
14. Kunde du identifiera ineffektiva datapunkter eller avvikelser?
15. Hur skiljer sig denna visualisering från den tidigare gauge-visualiseringen?

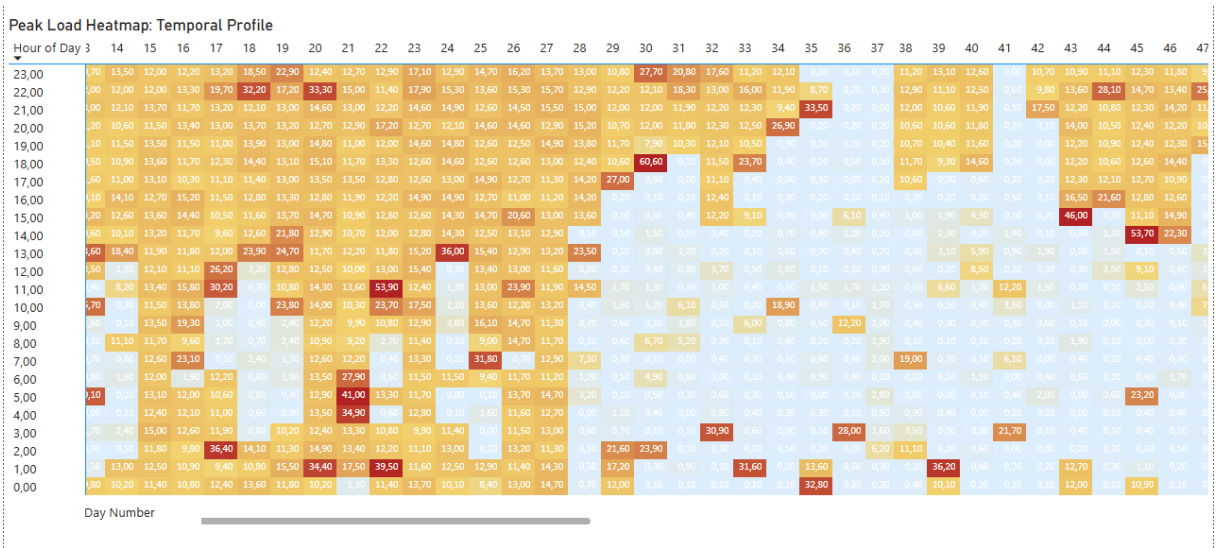
Del 4 – Energy Signature Scatter



Plot

16. Hur Upplevde du denna visualisering jämfört med tidigare visualiseringar?
17. Var det enkelt eller svårt att identifiera mönster och relationer mellan datapunkter?
18. Upplevde du att visualiseringen krävde mer analytisk bearbetning?
19. Hur tydlig upplevde du relationen mellan utomhustemperatur och returtemperatur?
20. För vilken typ av användare tror du denna visualisering passar bäst?

Del 5-Peak Load Heatmap



21. Hur upplevde du heatmap- visualiseringen?
22. Var det enkelt eller svårt att identifiera variationer och belastningsmönster?
23. Hjälpte färgerna dig att förstå informationen?
24. Upplevde du att visualiseringen gav en bra överblick över större mängder data?
25. Hur mentalt krävande upplevde du denna visualisering jämfört med de andra?

Del 6 - Jämförande frågor

26. Vilken visualisering upplevde du som mest lättförståelig?
27. Vilken visualisering upplevde du som mest analytisk användbar?
28. Vilken visualisering upplevde du som mest komplex?
29. Vilken visualisering gav bäst överblick över energidata?
30. Vilken visualisering skulle du föredra vid snabb identifiering av energislöseri?
31. Vilken visualisering tror du passar bäst för expertanvändare?
32. Vilken visualisering tror du passar bäst för användare utan teknisk bakgrund?

Avslutande fråga

33. Har du några övriga tankar eller kommentarer kring visualiseringarna?

8. Begreppslista

Begrepp	Definition
Energivisualisering	Visuell presentation av energidata för att underlätta förståelse, analys och identifiering av energislöseri
Dashboard	Ett visuellt gränssnitt som samlar och presenterar data, diagram och indikatorer för överblick och analys
Cognitive Load Theory (CLT)	Teoretiskt ramverk som beskriver hur informationsmängd och komplexitet påverkar människans mentala belastning och informationsbearbetning
Kognitiv belastning	Den mentala ansträngning som krävs för att bearbeta och förstå information
Semantiska visualiseringar	Visualiseringar som använder tydliga symboler, färger och indikatorer för att förenkla förståelse och snabb överblick
Energy signature Scatter plot	Multivariat scatter plot visualisering som används för att analysera relationer mellan exempelvis utomhustemperatur och returtemperatur

HÖGSKOLAN
I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se